



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diagnóstico energético a una PyME de
manufactura de la rama industrial
automotriz especializada en la impresión
de etiquetas**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera Eléctrica y Electrónica

P R E S E N T A

Perla Morales Villafaña

DIRECTOR DE TESIS

M. I. Iván Urzúa Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por la formación personal y académica.

Al Laboratorio de Proyectos de Ahorro de Energía (PAE) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la experiencia y conocimientos adquiridos durante mi participación en el proyecto número 249322.

A mis sinodales la Dra. Manuela Azucena Escobedo Izquierdo, al M.I. Augusto Sánchez Cifuentes y al Ing. David Vázquez Ortiz por su atención y dedicación de su valioso tiempo.

Al M.I. Héctor Mora García, también sinodal, por compartirme sus conocimientos y técnicas de manera incondicional, además de brindarme su apoyo y amenizar mi estadía en el PAE. Un gran amigo y alegre compañía.

Al M.I. Iván Urzúa Rosas, mi asesor, por estar siempre pendiente de mi trabajo y motivando a seguir adelante, por su disposición, apoyo y confianza.

A mis profesores y compañeros a lo largo de la carrera universitaria que, de algún modo, hicieron posible la realización de este trabajo.

¡Gracias!

Dedicatorias

A mis padres:

María Inés, mi mamita chula, gracias por tu amor y tu apoyo, por siempre creer en mí, por esa felicidad y alegría que a todos transmites. Eres la mejor, te adoro.

Ignacio Andrés, mi gordito, por apoyarme en todas mis decisiones y motivar a crecer personal y profesionalmente. Por tu amor incondicional y la alegría que me brindas. Por siempre estar presente, te adoro.

A ambos, por ser ejemplos a seguir y hacer de sus hijos personas de bien.

A mis hermanos:

Gilberto, René, Malinalli y Omayel, por las maneras tan originales de apoyarnos y demostrar nuestro cariño. Muy pocos son tan unidos como nosotros. Los quiero, feos.

Brendita, por todo el apoyo, interés y cariño con la familia; que bonito es que formes parte de nuestras vidas.

A mis amigos:

Simplemente son la mejor compañía que pude encontrar. Espero que nuestra amistad esté presente en todo momento, cuenten conmigo que estoy para ustedes. Yull, Maggy, Rodo, Anddy, Fanny, Toñita, Mayis, Lalito.

Este trabajo también es de ustedes.

Contenido

Resumen	1
1. Introducción.....	3
2. Justificación.....	4
3. Objetivos.....	5
4. Alcance.....	6
5. Marco teórico	7
5.1. Energía.....	7
5.2. Calidad de la energía	7
5.2.1. Tensión	8
5.2.2. Distorsión armónica total	9
5.3. Potencia eléctrica	9
5.4. Factor de potencia.....	11
5.5. Demanda de energía eléctrica.....	12
5.6. Consumo de energía eléctrica	12
5.7. Ahorro energético y eficiencia energética	12
5.8. Diagnóstico energético.....	13
5.8.1. Tipos de diagnósticos	13
5.9. PyME.....	14
6. Metodología.....	15
7. Problemática.....	17
8. Diagnóstico energético	18
8.1. Recopilación de datos energéticos.....	18
8.1.1. Acometida eléctrica.....	18
8.1.2. Facturación	18
8.1.3. Monitoreo.....	27
8.2. Usos significativos de la energía.....	35
8.2.1. Sistema de fuerza	36
8.2.2. Sistema de iluminación.....	39
8.2.3. Sistema de oficinas	46
8.2.4. Distribución total de la energía	49
8.3. Indicadores energéticos	50

8.4.	Oportunidades de mejora	51
8.4.1.	Propuestas baja o nula inversión.....	51
8.4.2.	Propuestas de mediana inversión	52
8.4.3.	Buenas prácticas.....	53
9.	Resultados esperados.....	54
9.1.	Sistema de fuerza	54
9.2.	Sistema de iluminación.....	55
9.2.1.	Mantenimiento preventivo y sustitución de lámparas	55
9.2.2.	Sustitución de sistema de iluminación a uno más eficiente.....	56
9.3.	Sistema de oficinas	63
9.4.	Instalación de banco de capacitores	65
9.5.	Nueva distribución de la energía.....	66
9.6.	Indicadores energéticos estimados.....	69
10.	Conclusión.....	70
11.	Fuentes de consulta.....	71
Anexos	74
Anexo I.	Monitoreo	75
Anexo II.	Facturación Eléctrica	75
Anexo III.	Formatos completos	76
Anexo IV.	Tarifa eléctrica OM	92
Anexo V.	Fichas técnicas	94
Índice de Tablas	97
Índice de Ilustraciones	99
Índice de Gráficas	100

Resumen

En el presente trabajo se efectuó un diagnóstico energético a una PyME de manufactura, con el fin de conocer cómo es utilizada la energía eléctrica y encontrar oportunidades de disminución en consumo energético para una misma producción.

La información contenida se basa en la metodología del *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. Al evaluar el desempeño energético se tomó como guía la etapa dos del manual, que consiste en la recopilación de datos energéticos, establecimiento de usos significativos de energía, definición de indicadores energéticos y registro de oportunidades de mejora.

Se realizó el monitoreo de parámetros eléctricos en la acometida con la finalidad de detectar la calidad de la energía en la planta. Se comprobó que exista estabilidad en tensión, corriente y distorsión armónica comparando con los niveles máximos permisibles según el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y la especificación CFE L0000-45. A su vez, el monitoreo también permitió observar el comportamiento de la demanda eléctrica a lo largo de un día completo, durante el proceso productivo y fuera del horario laboral.

En cuanto a facturación eléctrica, se realizó una estimación con los datos energéticos proporcionados por la compañía suministradora de energía y cálculos propios, se detallaron los cargos correspondientes por demanda, consumo y factor de potencia. También, se calculó el factor de carga y el precio medio de la energía.

La recopilación de datos energéticos se realizó en tres sistemas: sistema de fuerza, sistema de iluminación y sistema de oficinas.

Para el sistema de fuerza, se realizó un censo de equipos de proceso y equipos de servicio que operan en la planta, se observaron características de utilización y se estimó el consumo eléctrico anual en el sistema.

En cuanto al sistema de iluminación, la empresa se dividió en diferentes áreas según las actividades realizadas. Para cada área se recopiló información importante que involucra principalmente el número y tipo de luminarias, mediciones de espacio, medición de iluminancia y datos de operación de luminarias.

En el sistema de oficinas se llevó a cabo un censo de equipos, se tomaron datos eléctricos y tiempo de uso de equipos con el fin de poder estimar el consumo anual. Los equipos se clasificaron en equipos de cómputo y misceláneos.

Se llevó a cabo la distribución energética actual de la empresa según los sistemas, se calcularon indicadores de desempeño energético y se identificaron oportunidades de mejora energética. Se propusieron mejoras en cuanto a ahorro energético y uso eficiente de la energía para cada sistema.

Para el sistema de fuerza se recomendaron buenas prácticas en cuanto a desconexión de equipos fuera del proceso productivo, en el sistema de iluminación se propuso un cambio de tecnología a uno de mayor eficiencia que cumpliera con los niveles mínimos de iluminación y los máximos

permitidos de densidad de potencia eléctrica en alumbrado, finalmente, en el sistema de oficinas se recomendó la desconexión de equipos sin usar y la activación de funciones de ahorro de energía.

Se encontró un factor de potencia bajo en la red eléctrica, se recomendó la instalación de un banco de capacitores para la corrección de factor de potencia y evitar penalización en la facturación eléctrica.

Por último, se estimó el nuevo consumo energético resultante de la implementación de cambio o adquisición de nuevas tecnologías y seguimiento de buenas prácticas. Se realizó una nueva distribución de consumo energético por sistemas y se estimaron los nuevos indicadores de desempeño energético.

1. Introducción

Al transcurrir el tiempo la sociedad crece y con ella la necesidad de un mayor número de productos de consumo; de igual forma, la necesidad de crecimiento de los servicios ya disponibles como lo es la energía eléctrica. La generación eléctrica ha ido aumentando para cubrir los requerimientos energéticos de la sociedad, a pesar de que se están teniendo avances importantes en cuanto a generación eléctrica por el aprovechamiento de las energías renovables como medida de sustentabilidad y cuidado del medio ambiente, no es congruente esta generación si se sigue consumiendo la energía de manera ineficiente.

Las micro, pequeñas y medianas empresas son fundamentales para el crecimiento económico del país, destacando, por su importancia, generación de empleo y aportación al PIB. Las principales actividades económicas de las PyME son servicios, comercio e industrias manufactureras. A la vez, el sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país. Durante 2017 alcanzó 35.0% del consumo energético total. El energético de mayor consumo en el sector industrial corresponde al gas seco, con el 36.41%, seguido por la energía eléctrica que representó 30.2% del total¹, por ello es de suma importancia promover el ahorro y uso eficiente de la energía en este sector.

De igual importancia, un menor consumo energético representa una menor conversión energética, y, por ende, un menor número de emisiones de gases contaminantes hacia la atmósfera. En el sector industrial manufacturero, la menor utilización de la energía para satisfacer una misma producción refleja mejores indicadores energéticos, los cuales hacen una empresa más competitiva.

A medida que va creciendo el tamaño de las empresas, se requiere ampliar o renovar los equipos o los procesos productivos. La principal dificultad para ampliar o renovar equipos, principalmente maquinaria, es el alto costo de compra o reparación. Un estudio energético a equipos consumidores importantes y procesos productivos, así como la proposición de mejoras y buenas prácticas muestra, de manera clara, los beneficios que se pueden alcanzar.

¹ (SENER, 2018)

2. Justificación

En el presente trabajo se describe la información completa y el análisis del uso actual de la energía eléctrica en una mediana empresa dedicada a la producción de películas, calcomanías y etiquetas para la industria automotriz, para localizar oportunidades de mejora y proponer acciones que se puedan llevar a cabo para el ahorro y uso correcto de la energía.

Además, la información aquí contenida ayudará a ésta y otras empresas, con características energéticas o de maquinaria similares, a tener un mejor aprovechamiento de la energía y ser guía para encontrar oportunidades de mejora, haciendo un mejor uso de la energía y reduciendo el consumo energético para la misma producción que actualmente se tiene.

3. Objetivos

Objetivos generales

- Encontrar oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía analizando los sistemas encontrados en una PyME que se especializa en la producción de películas, calcomanías y etiquetas para la industria automotriz.
- Proporcionar un reporte que incluya la situación energética actual de la empresa y la estimada con la ejecución de buenas prácticas y optimización de sistemas.
- Detectar la calidad de la energía en la empresa.

Objetivos particulares

- Presentar la información energética resumida de los sistemas o procesos, tecnologías y equipos relevantes en cuanto al consumo eléctrico en la empresa.
- Proporcionar acciones que contribuyan al uso correcto y eficiente de la energía cumpliendo con las adecuadas condiciones de trabajo y normas afines.

4. Alcance

El presente diagnóstico pertenece a un proyecto del Programa de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en colaboración con CONACYT: *249322 Diseño, integración y puesta en marcha de una plataforma digital en línea para realizar auto diagnóstico energético básico en las pequeñas y medianas empresas (PyME) de manufacturas.*

Al tratarse de la participación en un proyecto ya planificado, existen ciertas características y limitaciones sobre la realización de actividades que dependen del tiempo aprovechable para la recopilación de datos, así como el nivel del diagnóstico energético, horarios de realización de actividades y disponibilidad de equipo de medición.

El nivel del diagnóstico realizado es de tipo dos o fundamental², analizando la información sobre el uso de la energía eléctrica únicamente. Se detectaron equipos y sistemas con desperdicio energético, se dan propuestas para el ahorro de energía y, en consecuencia, se calculó la reducción de costos resultante si se llegasen a seguir las recomendaciones propuestas. Para el diagnóstico a este nivel, se contó con los equipos e instrumentos necesarios para las mediciones y obtención de parámetros energéticos que determinarán los potenciales ahorros de energía.

En la acometida eléctrica principal se realizó un monitoreo con el fin de analizar el comportamiento del consumo eléctrico en la empresa. Para la facturación eléctrica se contó con información de los recibos de energía eléctrica suministrados por Comisión Federal de Electricidad que nos proporcionó la empresa a diagnosticar, se requirieron datos energéticos mensuales de, por lo menos, un año de antigüedad.

El diagnóstico energético se enfocó en los procesos y actividades que se realizan en la empresa, la cual se dividió en los sistemas siguientes: sistemas de fuerza, sistema de iluminación y sistema de oficinas.

Se efectuó la recolección de datos de equipos consumidores de energía que se encuentran al alcance inmediato. Para los equipos más representativos en cuanto al consumo de energía eléctrica, se realizó un monitoreo del comportamiento del consumo o mediciones puntuales durante el proceso productivo. Para los equipos de bajo consumo energético o de difícil acceso, sólo se tomaron datos de placa e información de operación.

² (Programa Integral de "Asistencia Técnica y Capacitación para la Formación de Especialistas en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica de Guatemala", 2010)

5. Marco teórico

Hoy en día la energía eléctrica es de suma importancia, ya que, gracias a ella, podemos realizar la gran mayoría de nuestras actividades diarias o facilita la ejecución de otras haciendo nuestra vida más cómoda. Para cubrir la demanda eléctrica en México, la energía generada proviene, principalmente, de plantas con tecnología de tipo convencional que utilizan recursos no renovables, implicando la contaminación del medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera. Es por ello que debemos ser conscientes a la hora de utilizar la energía eléctrica, ahorrando energía y consumiéndola de manera responsable y eficiente, esto sin sacrificar o reducir nuestro nivel de comodidad, se trata de mejorar hábitos y actitudes, así como optar por la utilización de tecnologías de mejor eficiencia.

Conceptos medulares para el mejor entendimiento del trabajo realizado se presentan a continuación:

5.1. Energía

Podemos definir energía como “la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).”³

“La energía puede manifestarse de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero respetando siempre el principio de conservación de la energía: *La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.*”⁴

El desempeño energético involucra el uso, la eficiencia y el consumo de la energía; de esta manera se pueden elegir y realizar diferentes actividades como son la forma o tipo de aplicación de la energía, cantidad de energía utilizada, indicadores energéticos, entre otros.

5.2. Calidad de la energía

Es un conjunto de características y condiciones de la energía eléctrica que es suministrada a los usuarios, con el fin de mantener continuidad sin presentar fallas o afectar el desempeño de equipos y dispositivos. La calidad de la energía involucra la estabilidad de tensión, corriente y frecuencia; el suministro de la energía de calidad debe ser sin interrupciones, sobretensiones, deterioro de la forma de onda y variaciones de tensión.

Es importante mantener una alta calidad de energía en las instalaciones, ya que un sistema de calidad deficiente conlleva al incremento de pérdidas energéticas, daños a equipos o sistemas, alteraciones en el confort y bienestar de los usuarios, modificaciones en la producción y, por consiguiente, pérdida de competitividad empresarial y pérdidas económicas. La mejora en calidad de la energía involucra acciones para corregir los disturbios, variaciones y fallas del sistema.

³ Glosario de términos de electricidad proporcionado por SENER y SIE.

⁴ (Schallenberg, y otros, 2008)

La calidad de la energía puede verse de diferentes perspectivas:

- Del consumidor: considerando las afectaciones en sus equipos.
- Del fabricante de equipos: determina un rango de tolerancia de variación para evitar daños permanentes.
- Del suministrador: analizando las características de consumo de sus clientes para suministrar energía de calidad.

Idealmente la onda de tensión que es suministrada por la red eléctrica debe ser una perfecta senoidal de frecuencia constante y amplitud fija; sin embargo, en la vida real, la onda de tensión presenta perturbaciones. La red eléctrica es perturbada principalmente por la variación de la carga, algunas veces debido a fallas en los centros de generación, en la propia red o debido a descargas atmosféricas. Cuando la red es sometida a un gran número de cargas eléctricas se altera la onda de tensión con caídas e inyección de armónicos. En consecuencia, las cargas pueden averiarse y producir consumos anormales o cortocircuitos, dañando otras cargas conectadas en puntos cercanos.

5.2.1. Tensión

Las perturbaciones en la tensión que tienen lugar entre los conductores de alimentación se deben a varias causas, algunas de las cuales son:

Ruidos eléctricos. Son perturbaciones frecuentes y de escaso valor, pueden deberse al funcionamiento de máquinas eléctricas con soldadoras de arco, timbres, interruptores, entre otros; los cuales se encuentran conectados en algún punto cercano a la carga utilizada. No producen daño en los equipos, pero si pueden causar un mal funcionamiento. Ver Ilustración 1.

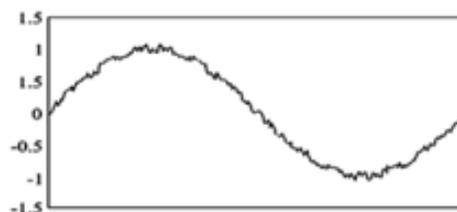


Ilustración 1. Señal senoidal de la red eléctrica. Ruido eléctrico (Sánchez Huerta, 2006).

Variación rápida de tensión. Tiene una duración menor a los diez segundos. Se producen debido a la conexión y desconexión de cargas grandes y maniobras en las líneas de la red eléctrica. El daño que pueden causar en los equipos depende de su amplitud y su duración. Como casos particulares de estas perturbaciones, se encuentran el parpadeo y los microcortes. Ver Ilustración 2.

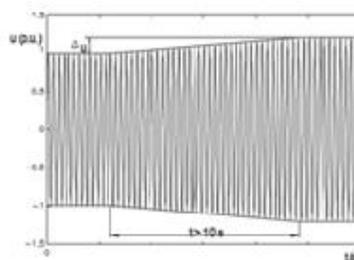


Ilustración 2. Variaciones de tensión (Sánchez Huerta, 2006).

Desbalance de tensión. Esta perturbación se presenta en suministros trifásicos. Afecta principalmente a la maquinaria eléctrica rotatoria con calentamiento y vibración anormal. Puede deberse al desbalance de corriente demandada o asimetrías en la red de suministro (líneas no transpuestas, cargas monofásicas no balanceadas en las fases, entre otras)

5.2.2. Distorsión armónica total

Es una deformación de la forma de onda debida a la presencia de armónicos. La distorsión armónica total (DAT) define que la forma de onda de tensión o corriente no es una senoidal pura, se trata de una señal distorsionada resultante de adicionar una o más ondas sinusoidales periódicas múltiplos de la frecuencia fundamental y cuya magnitud cambia dependiendo de la frecuencia. Los armónicos son debidos a características no lineales de los dispositivos y cargas en el sistema; las corrientes armónicas generadas por cargas no lineales, están desfasadas con respecto a la tensión que las produce.

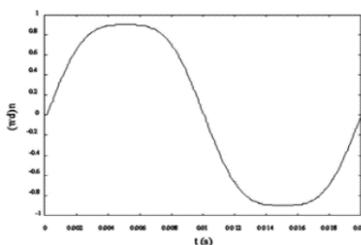


Ilustración 3. Forma de onda de tensión con gran distorsión armónica. (Sánchez Huerta, 2006).

La DAT es la relación entre la corriente armónica y la demanda máxima de la corriente de carga. Cuando se efectúan mediciones relacionadas con armónicas en los sistemas eléctricos, es común encontrar niveles de DAT altos en condiciones de baja carga que no afectan la operación de los equipos ya que la energía distorsionante que fluye es también baja.

Algunos problemas derivados con la aparición de armónicos en la red son:

- Vibración en motores y generadores.
- Aumento en las pérdidas por efecto Joule.
- Sobrecalentamiento en motores, generadores, transformadores y conductores, reduciendo su vida útil.
- Disparo anticipado de dispositivos de protección
- Falla de bancos de capacitores y transformadores.
- Problemas de correcto funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles.
- Interferencias en sistemas de telecomunicaciones.
- Provocan la disminución del factor de potencia.

Casi todas las cargas críticas, como los equipos electrónicos, soportan una DAT máxima del 5%.

5.3. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es la proporción por unidad de tiempo con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. Es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

La representación gráfica que se emplea comúnmente para relacionar las potencias se muestra en la Ilustración 4.

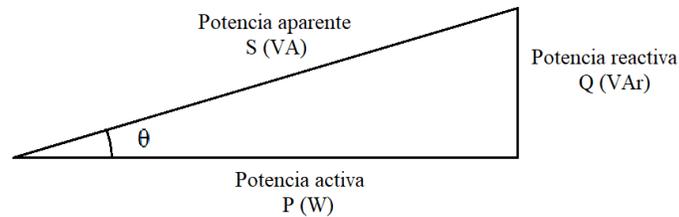


Ilustración 4. Relación de potencia

Potencia activa (P). Es la potencia de entrada que se transforma en trabajo, se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida en el watt (W).

Para circuitos monofásicos de corriente alterna se puede obtener como:

$$P = V * I * \cos \theta = R * I^2 = \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 1. Potencia activa

Donde P es la potencia activa, V es la tensión, I es la corriente, R corresponde a la resistencia y finalmente θ es el ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente.

Potencia reactiva (Q). Las máquinas eléctricas trabajan basadas en el principio de conversión de energía electromagnética como los motores, transformadores, etc. Una parte de la energía de entrada se consume para crear y mantener el campo magnético, otra parte de la energía de entrada no puede ser convertida en energía activa y es retornada a la red eléctrica al removerse el campo magnético. Esta potencia se conoce como potencia reactiva. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAr).

En circuitos monofásicos de corriente alterna se calcula como:

$$Q = V * I * \sin \theta$$

Ecuación 2. Potencia reactiva

Con los elementos V, I, θ anteriormente mencionados y Q correspondiente a la potencia reactiva.

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

Potencia aparente (S). Las aplicaciones de los equipos eléctricos se basan en convertir la energía eléctrica en alguna otra forma de energía. La potencia eléctrica tomada por un equipo desde un suministro se conoce como la potencia aparente. Es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión y corriente. Su unidad de medida es VA.

Para circuitos monofásicos de corriente alterna se obtiene como:

$$S = V * I$$

Ecuación 3. Potencia aparente

O bien:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ecuación 4. Potencia aparente como suma vectorial

Donde V e I se mencionan con anterioridad y S pertenece a la potencia aparente. P corresponde a la potencia activa y Q a la potencia reactiva. La potencia aparente también es la suma vectorial de las potencias activa y real, siendo P y Q los catetos de un triángulo rectángulo en el que S es la hipotenusa. Ver Ilustración 4.

5.4. Factor de potencia

“Es el coseno de ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno; representa el factor de utilización de la potencia eléctrica entre la potencia aparente o de placa con la potencia real”⁵

El factor de potencia (FP) es un indicador utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo, el correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los equipos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un FP menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Es importante mejorar el Factor de potencia por diferentes razones, algunas son:

- Reduce el costo de facturación en cuanto a energía eléctrica y evita multas por bajo factor de potencia
- Aprovecha la capacidad de distribución interna
- Reduce pérdidas eléctricas
- Mejora la calidad de la energía

La compañía suministradora de energía CFE realiza un cargo o bonificación por factor de potencia. El usuario procurará mantener un factor de potencia aproximado a 1, se realiza una penalización cuando el valor del factor está por debajo de 0.9, este puede llegar a ser de hasta un 120% del costo total de la energía; o una bonificación cuando el valor sea igual o superior a 0.9, para el mejor de los casos cuando el FP es unitario, la bonificación será del 2.5% del costo total de la energía en la facturación mensual.

⁵ Glosario de términos de electricidad proporcionado por SENER y SIE.

Las ecuaciones proporcionadas por CFE son:

- Para penalización de hasta un 120% máximo aplicable

$$\text{Penalización} = \frac{3}{5} \left[\frac{90}{FP} - 1 \right] * 100$$

Ecuación 5. Penalización con un máximo aplicable de 120%

- Para bonificación de hasta un 2.5% máximo aplicable

$$\text{Bonificación} = \frac{1}{4} \left[1 - \frac{90}{FP} \right] * 100$$

Ecuación 6. Bonificación con un máximo aplicable de 2.5%

5.5. Demanda de energía eléctrica

Es el requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en kilowatts kW. 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 tiempo.

5.6. Consumo de energía eléctrica

Es la potencia eléctrica utilizada por toda o una parte de una instalación o proceso durante un período determinado de tiempo.

5.7. Ahorro energético y eficiencia energética

Existen acciones que se pueden llevar a cabo para utilizar más sabiamente la energía, el ahorro energético y el uso eficiente de la energía son temas diferentes que involucran disímiles actividades, pero ambos tienen en común un propósito general: se trata de reducir al máximo el consumo de energía para la realización de las mismas actividades sin sacrificar el nivel de confort de las personas.

El ahorro energético establece el cambio de hábitos y actitudes acerca del consumo energético. Muchas veces bastará con cambiar las costumbres de un consumo excesivo, o el uso de la energía en acciones que no nos generen algún beneficio o bienestar. Ejemplos son, apagar las luminarias en una habitación vacía o activar el modo de ahorro de energía en equipos de cómputo.

El objetivo de la eficiencia energética es minimizar la cantidad de energía consumida por un equipo, proceso o instalación sin afectar la calidad de estos, no involucra cambios en cuanto a los hábitos de consumo de energía. Supone la sustitución de tecnologías o equipos por otros, que con menor consumo de energía se obtengan los mismos o mayores beneficios. Un ejemplo podría ser cambiar la iluminación de lámparas incandescentes a tecnología LED. No todos los productos que se utilizan hoy en día son eficientes, la alternativa eficiente es más cara, pero el costo por consumo de energía será menor.

Si se desea reducir al máximo el consumo energético habría que sumar medidas energéticas en cuanto a ahorro y eficiencia; haciendo los procesos más eficientes, procurando tecnologías más recientes de mayor eficacia y adoptando comportamientos ahorradores.

5.8. Diagnóstico energético

Es la realización metodológica y objetiva de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con que es utilizada la energía en la empresa, proceso o sistema. Consiste en obtener evidencia de los principales consumidores de energía para poder establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro energético.

Normalmente el diagnóstico energético tiene como objetivo determinar dónde y cómo es utilizada la energía además de especificar cuánta es desperdiciada, evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía; y disminuir el consumo energético sin afectar los niveles de producción.

Se necesita la realización de diversas actividades para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía en la empresa como mediciones de los distintos flujos eléctricos, observar e investigar las condiciones de operación de equipos, sistemas y procesos, determinar las oportunidades de ahorro y mejora eficiente, calcular indicadores energéticos, etc.

5.8.1. Tipos de diagnósticos

Para facilitar el uso del diagnóstico energético se ha realizado una clasificación por niveles, la clasificación que se asigna a un diagnóstico energético está en función de la profundidad con que se realiza el estudio. La clasificación según el FIDE⁶ es:

El diagnóstico de **nivel uno o básico**, se lleva a cabo mediante un *examen visual* reconociendo el diseño de los equipos consumidores de energía. Los potenciales de ahorro de energía se pueden lograr por modificación en los hábitos de uso, corrección de desperdicios o por la incorporación de tecnologías eficientes. Los potenciales de ahorro de energía se basan en suposición y estimación ya que no se realizan mediciones. Su principal ventaja es dar una idea general sobre si existe o no posibilidad de ahorro energético, se pueden obtener buenas recomendaciones a nivel general pero los ahorros energéticos pueden o no lograrse.

El **nivel dos o fundamental**, proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas o procesos específicos. Este nivel provee datos acerca de los potenciales de ahorro de energía, como consecuencia de su realización se obtiene información necesaria para la implementación de un programa y metas de ahorro y uso eficiente de la energía. Se analiza entre el 75 y 80% de los consumidores energéticos, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización. En este nivel de diagnóstico será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que determinen los potenciales de ahorro y uso eficiente de la energía.

Un diagnóstico de **nivel tres** es más profundo, proporciona información precisa y comprensible de los puntos de mayor relevancia en cuanto al consumo energético, así como las pérdidas de energía. Una característica notable de este nivel es la instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrada. Su costo es mucho mayor al diagnóstico de segundo nivel.

⁶ (Programa Integral de "Asistencia Técnica y Capacitación para la Formación de Especialistas en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica de Guatemala", 2010)

El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para un área específica de proceso o instalación.

5.9. PyME

Las Micro, Pequeñas y Medianas empresas son un elemento fundamental para el crecimiento económico de países en desarrollo y resaltan por su importancia en cuanto a su contribución al empleo, así como por su aportación al PIB. Según la información del INEGI y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), en México más del 99% de las unidades económicas son Micro, Pequeñas y Medianas empresas que aportan aproximadamente el 52% del PIB y generan más del 70% del empleo formal del país.⁷

De acuerdo con el DOF, se clasifica el tamaño de la empresa según el número de empleados con el que cuente y de acuerdo a la rama a la que pertenezca, la Tabla 1 muestra esta clasificación.

Tamaño de la empresa	Clasificación por número de empleados		
	Industria	Comercio	Servicios
Micro	0-30	0-5	0-20
Pequeña	31-100	6-20	21-50
Mediana	101-500	21-100	51-100
Grande	501 en adelante	101 en adelante	101 en adelante

Tabla 1. Clasificación de las empresas

Las industrias manufactureras están dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias, con el fin de obtener productos nuevos. También se consideran como parte de las manufactureras las actividades de maquila; el ensamble de partes y componentes o productos fabricados. Igualmente se incluye aquí la mezcla de materiales, como: los aceites lubricantes, las resinas plásticas, las pinturas y los licores, entre otras.

Este sector se caracteriza por ser diversificado: concuerdan actividades altamente concentradas, como la industria siderúrgica, la automotriz, la de cemento, por citar algunas; junto con industrias atomizadas, como son: la fabricación de productos de herrería, purificación de agua, entre otras.

La información de los Censos Económicos 2004 indica que el sector manufacturero en México es el más importante en la generación de producción bruta total, 43.3%, concentrando 10.9% de las unidades económicas y una de cada cuatro personas ocupadas.⁸

A medida que va creciendo el tamaño de las empresas, existe mayor conciencia para ampliar o renovar los equipos, o los procesos productivos. La principal dificultad para ampliar o renovar equipos y procesos productivos en la mediana empresa, en opinión de los empresarios, es el alto costo de compra o reparación; el principal rubro de inversión es la maquinaria. Tres de cada cuatro pequeñas y medianas empresas, cuentan con procedimiento para saber si el personal que labora en éstas se encuentra satisfecho desempeñando su trabajo.

⁷ (Mendoza Barrón, Prem, & Wen, 2017)

⁸ (INEGI, 2006)

6. Metodología

El presente trabajo se basa en la metodología integrada del *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*.⁹ Para la empresa diagnosticada se aplica la etapa dos del manual con pocas omisiones y modificaciones, en esta etapa se evalúa el desempeño energético.

Para observar e identificar oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía es indispensable entender ¿cuándo?, ¿cuánto?, ¿dónde? y ¿para qué? se consume la energía. Los resultados obtenidos nos permitirán disponer el uso de los recursos de manera más adecuada.

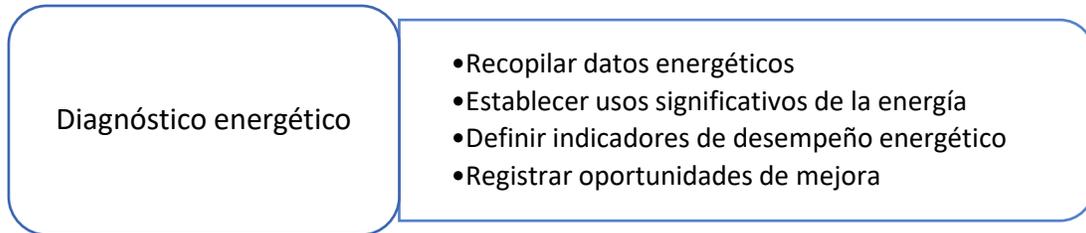


Ilustración 5. Pasos para evaluar el desempeño energético

Recopilar datos energéticos

Para poder llevar a cabo una recopilación de datos que nos permita evaluar el desempeño energético de la empresa, se debe contar con información fiable y clara sobre el uso de la energía en los diferentes equipos, procesos y sistemas, además de contar con el equipo de medición necesario. De no ser posible se estimará el consumo energético con base en información de diseño y de operación. Las mediciones serán tan detalladas según sea el nivel de diagnóstico energético que se realizará, cuidando no generar más información de la necesaria que podría no analizarse.

Existen otros datos relevantes que están relacionados con el consumo y uso de la energía como son horarios de producción, horarios de oficina, horarios de comida del personal, hábitos del uso de energía, entre otros.

Las posibles fuentes de información de uso y consumo de la energía incluyen:

- Facturas de servicios eléctrico durante el periodo de estudio, es recomendable utilizar la información más reciente
- Estimación del consumo de energía, esta debe corresponder con los consumos energéticos
- Datos de especificaciones eléctricas de equipos (datos de placa, eficiencia de equipos según el manual, lista de inventario y hojas de datos)

Establecer usos significativos de la energía

En este paso se utilizarán los datos obtenidos con anterioridad para comprender cómo se está utilizando la energía en la empresa. Se analizarán los equipos más representativos en cuanto a su consumo eléctrico, de igual forma se analizarán cada uno de los sistemas encontrados; se puede ayudar de tablas o formatos resumen y gráficas.

⁹ (Flores Díaz, Escobosa Pineda, & Espinosa Flores, 2016)

Definir indicadores de desempeño energético

Los indicadores energéticos son una referencia que sirve para estandarización de los costos de la energía y comparación con históricos propios. Por lo general se expresan mediante la relación de unidades de energía sobre unidades de producción, superficie o servicio.

Indicadores energéticos pueden ser:

- Consumo eléctrico para el sistema de iluminación
- Consumo eléctrico para equipo de producción
- Densidad de potencia eléctrica en el alumbrado
- Consumo eléctrico por unidad de superficie, etc.

Registrar oportunidades de mejora

Tras el análisis de la información, se pueden identificar oportunidades de ahorro y uso eficiente de la energía.

Este paso involucra la identificación y planeación de ideas que reduzcan el consumo eléctrico en la empresa. La prioridad de las acciones a realizar dependerá de diferentes criterios como pueden ser:

- Prioridades de la empresa
- Estimación del ahorro energético
- Criterios económicos-financieros.
- Costo estimado de inversión
- Facilidades de inversión
- Impacto y valor de los beneficios adicionales
- Reducción de los impactos ambientales, entre otros.

7. Problemática

Se trata de una mediana empresa de manufactura especializada en la producción de películas, calcomanías y etiquetas para la industria automotriz, protección para superficies terminadas y mercados especializados en cuanto a comunicación gráfica, ubicada en la Ciudad de México con una antigüedad de 19 años.

La empresa cuenta con área de oficinas, maquinado, producto terminado y almacén; la mayor cantidad del área es ocupada por la maquinaria de proceso productivo y almacén.

A simple vista, se asume que se encontrarán oportunidades de ahorro energético, debido al tipo de tecnología actual y a los hábitos de uso energético que se observaron. Por otro lado, los niveles de iluminación por área parecen menores que los recomendados.

Tecnologías de baja eficiencia pueden ser reemplazadas por tecnologías de eficiencia mayor. Se pueden proponer métodos, tecnologías y hábitos que ayuden a la reducción del consumo energético.

En cuanto a la facturación eléctrica, en el recibo eléctrico se presentan penalizaciones por bajo factor de potencia, cargos evitables si se aplicase una corrección que lo mejorara en un valor por arriba del 90%.

Debido a que se trata de un sector importante consumidor de energía, el ahorro energético representará un ahorro económico para la empresa; así como una disminución de emisiones de gases contaminantes por la menor necesidad de generación eléctrica para la misma producción. Se reflejarán mejores indicadores que harán de esta una empresa más competitiva.

8. Diagnóstico energético

Se diagnosticó una empresa especializada en la elaboración de películas, calcomanías y etiquetas para la industria automotriz, ubicada en la Ciudad de México. La empresa tiene una antigüedad de 19 años, 103 empleados, un área total aproximada en planta de 4,146 m². El horario laboral es de lunes a viernes de 7:00 a 22:00 horas.

8.1. Recopilación de datos energéticos

8.1.1. Acometida eléctrica

La empresa de interés se encuentra en una de las naves de un parque industrial. El suministro eléctrico es en media tensión, para la distribución de energía, en la planta se cuenta con un transformador reductor ubicado en la nave de subestación eléctrica; este transformador sirve a la empresa a diagnosticar y a otras naves industriales.

El transformador utilizado es en aceite con capacidad de 500 kVA marca VOLTRAN, la relación de transformación es de 23,000 V/220 V, 3 fases a 60 Hz. Con año de fabricación de 1991.

En general, el transformador y conductores se encontraron en buenas condiciones.



Ilustración 6. Transformador VOLTRAN en aceite. Placa de datos.

La acometida eléctrica perteneciente a la empresa de interés se encuentra en la nave de la subestación eléctrica.

8.1.2. Facturación

La empresa diagnosticada cuenta con un contrato de tarifa OM (actualmente GDMTO), se trata de una tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW. Se aplican cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida.

El recibo de facturación eléctrica proporcionado por la empresa muestra una carga conectada de 84 kW y demanda contratada de 84 kW.

La Tabla 2 muestra datos de facturación eléctrica del servicio eléctrico contratado, datos correspondientes al periodo de agosto de 2016 a julio de 2017.

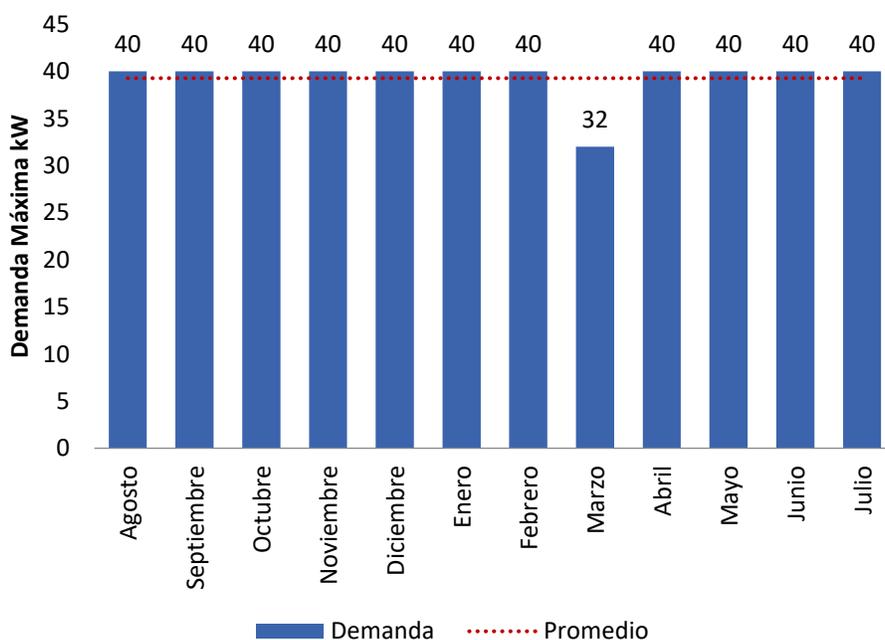
	Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	FP %	FC %	Precio medio
2016	Agosto	40	5,440.00	79.44	17	\$ 2.8828
	Septiembre	40	5,760.00	82.14	21	\$ 2.6555
	Octubre	40	4,560.00	79.16	16	\$ 3.1560
	Noviembre	40	5,280.00	80.87	18	\$ 2.9545
	Diciembre	40	4,800.00	81.92	16	\$ 0.9168
2017	Enero	40	4,480.00	80.00	16	\$ 3.3065
	Febrero	40	5,360.00	80.72	19	\$ 3.1921
	Marzo	32	5,120.00	81.80	22	\$ 3.1696
	Abril	40	5,360.00	79.57	20	\$ 3.4010
	Mayo	40	5,280.00	78.55	17	\$ 3.5894
	Junio	40	5,440.00	77.75	18	\$ 3.4299
	Julio	40	5,280.00	78.55	18	\$ 3.3452
	Promedio	39	5,180.00	80.04	18	\$ 2.9999
	Suma		62,160.00			

Tabla 2. Datos correspondientes al periodo de facturación eléctrica

Se presentaron los valores de demanda, consumo, factor de potencia, factor de carga y precio medio. Se calculó el promedio mensual y el consumo total anual.

8.1.2.1. Demanda máxima

Analizando los resultados de facturación eléctrica, la Gráfica 1 muestra los resultados en cuanto a demanda máxima.

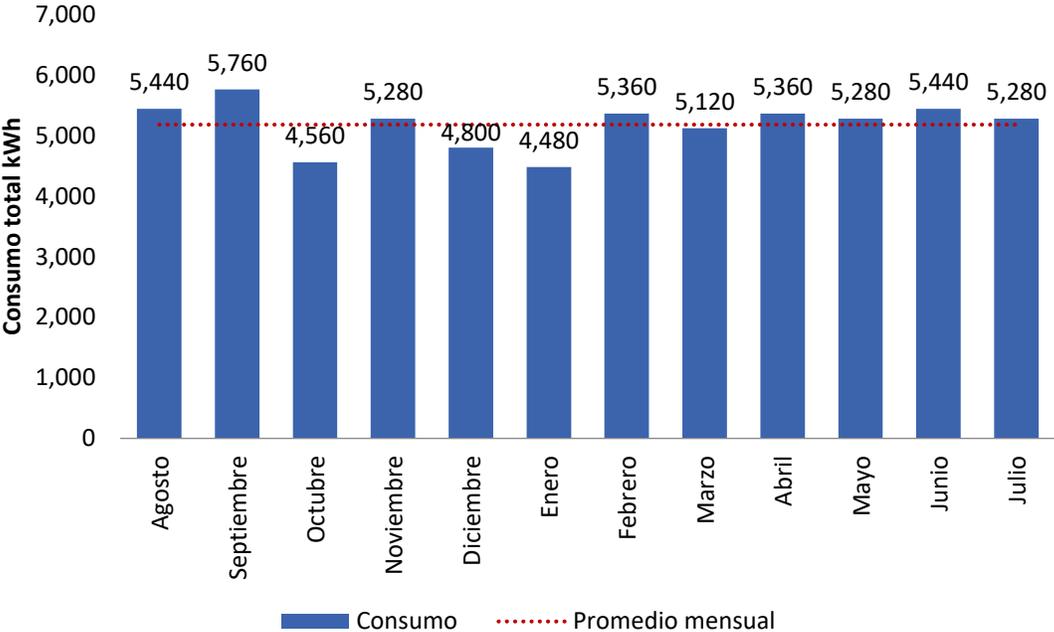


Gráfica 1. Demanda de energía eléctrica en el periodo de facturación

Se muestra que las mediciones se mantienen constantes a excepción del mes de marzo de 2017 que se ubica 8 kW por debajo de la moda. El promedio de demanda máxima fue de 39 kW. La demanda máxima es medida con instrumentos que indican la demanda promedio en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, se toma el valor más alto para el cálculo de facturación eléctrica.

8.1.2.2. *Consumo total*

La Gráfica 2 muestra el consumo total mensual en kWh pertenecientes al periodo de facturación.



Gráfica 2. Consumo de energía eléctrica en el periodo de facturación

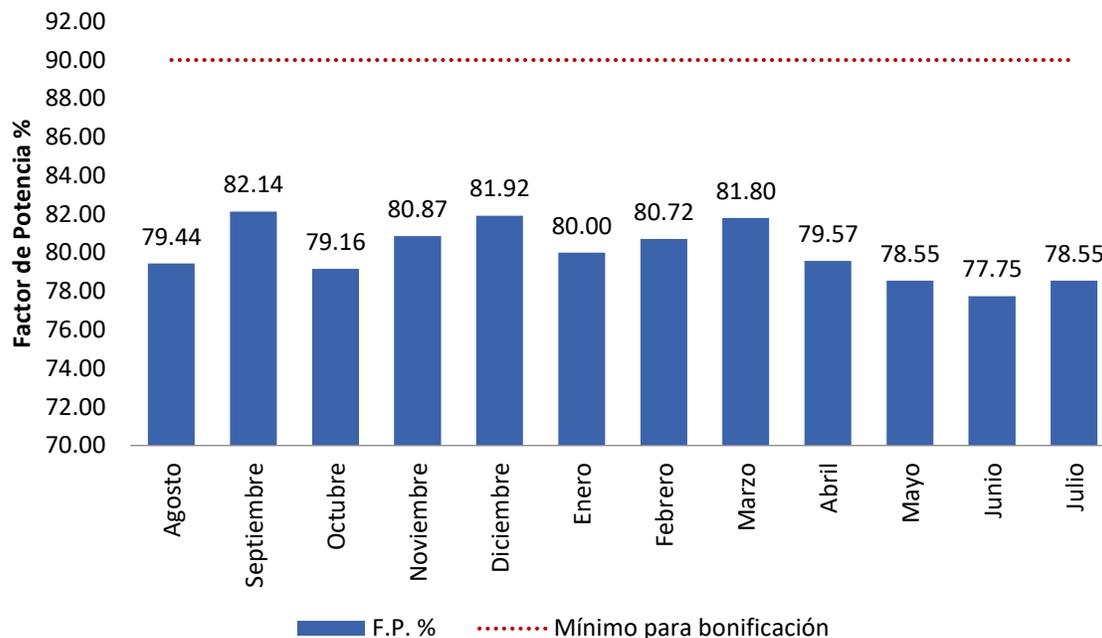
El mes con mayor consumo eléctrico facturado fue septiembre de 2016 con 5,760.00 kWh y el menor fue enero de 2017 con 4,480.00 kWh. El consumo eléctrico no es constante a lo largo del año, difiere entre los meses facturados hasta con un valor de 1,280 kWh. Se registró un promedio mensual según lo facturado de 5,180.00 kWh; así también, el consumo anual total fue de 62,160.00 kWh.

El consumo eléctrico depende principalmente de la producción que se necesite cubrir según los requerimientos de los clientes, puede variar el número de unidades o también el tipo de producto terminado que se exija. Involucra el consumo conjunto de los sistemas de fuerza, iluminación y oficinas.

8.1.2.3. *Factor de potencia*

En cuanto al factor de potencia, se registró un valor promedio de 80%. Un factor de potencia por debajo del 90% significa energía desperdiciada y en consecuencia se aplica una penalización, un incremento en el importe de facturación. El factor de potencia bajo se causa normalmente cuando hay presentes cargas reactivas, la potencia reactiva no produce un trabajo físico directo en los equipos. Un alto consumo de energía reactiva puede originarse, como consecuencia principal, debido a la presencia de un gran número de motores.

A continuación, en la Gráfica 3 se muestra el valor mensual de factor de potencia, así como el límite mínimo requerido para obtener bonificación y no penalización por este concepto.



Gráfica 3. Factor de potencia en el periodo de facturación

El mes con mejor porcentaje de factor de potencia fue septiembre con el 82.14%, aun así, es un valor por debajo del mínimo requerido para merecer bonificación. El factor de potencia más bajo se encontró en el mes de junio con el 77.75%. Entre más abajo esté el factor, mayor será el cargo impuesto en la facturación eléctrica.

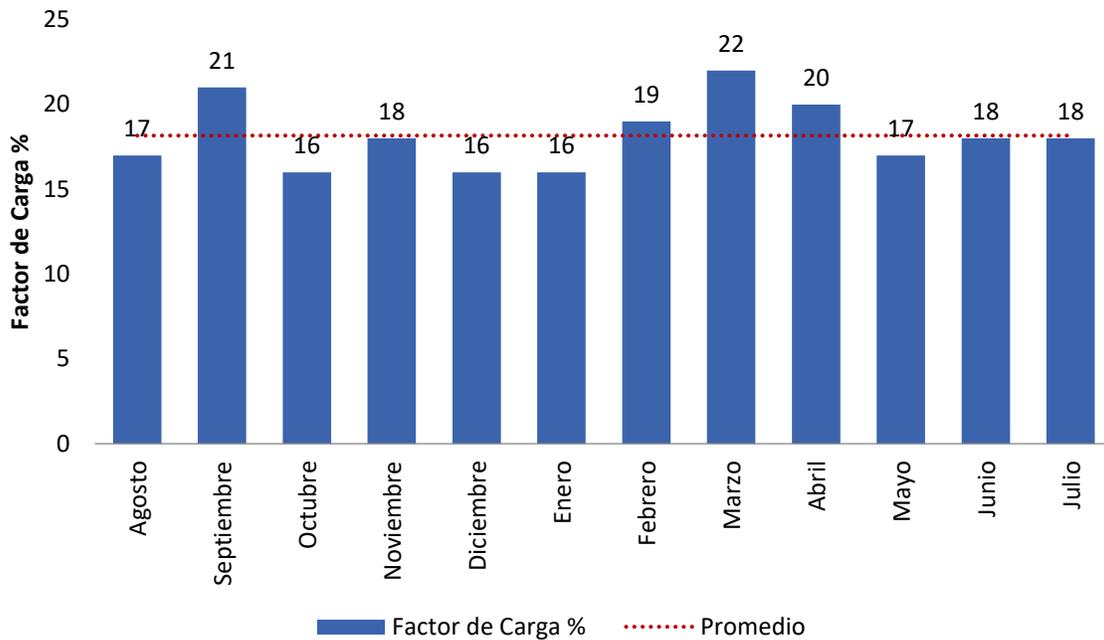
8.1.2.4. Factor de carga

El factor de carga es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en la instalación, indica el aprovechamiento de la capacidad instalada siendo útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y ayudando a evaluar la oportunidad de reducción de demanda.¹⁰

El valor del factor de carga será menor que uno, ya que en condiciones reales las instalaciones no estarán funcionando a plena capacidad durante el día completo. Un factor de carga cercano a la unidad significa que el uso de energía es relativamente constante, mientras que un factor de carga bajo muestra que ocasionalmente se establece una alta demanda.

¹⁰ (Tecener, 2015)

La Gráfica 4 expresa el factor de carga según los datos de CFE.



Gráfica 4. Factor de carga en el periodo de facturación

El valor de mayor magnitud se encuentra en el mes de marzo con el 22%, mientras que el valor menor se ubica para los meses de octubre, diciembre y enero con el 16%. El factor de carga promedio se encuentra en 18%, es un valor bajo, significa que hay picos de demanda en periodos de tiempo muy cortos, generando un cargo no correspondiente a la demanda promedio. Es recomendable hacer una administración de la demanda de energía en la planta para reducir estos picos y evitar pagar por energía que realmente no se consume.

8.1.2.5. Estimación de cargos por demanda, consumo y factor de potencia

Además de trabajar con la información obtenida de los recibos de CFE proporcionados, se realizó una estimación propia sobre el cargo correspondiente debido al servicio eléctrico, con el fin de hacer una comparación con lo facturado por la compañía suministradora de energía.

Para cada uno de los meses correspondientes al periodo de facturación, se buscó información sobre las cuotas aplicables en cuanto a demanda máxima medida kW y a la energía consumida kWh; la información fue obtenida de la página de CFE (Anexo IV. Tarifa eléctrica OM), se planteó con la tarifa OM, ajustando el mes y año correspondiente, así como ajustando a zona centro.

La Tabla 3 muestra los resultados sobre los cargos correspondientes para cada mes.

	Mes	Cargo por kW de demanda máxima medida	Cargo por kWh de energía consumida
2016	Agosto	\$ 189.84	\$ 1.166
	Septiembre	\$ 191.24	\$ 1.258
	Octubre	\$ 192.08	\$ 1.255
	Noviembre	\$ 194.37	\$ 1.325
	Diciembre	\$ 194.78	\$ 1.360
2017	Enero	\$ 197.88	\$ 1.410
	Febrero	\$ 200.65	\$ 1.500
	Marzo	\$ 206.73	\$ 1.699
	Abril	\$ 207.97	\$ 1.638
	Mayo	\$ 206.49	\$ 1.487
	Junio	\$ 204.16	\$ 1.494
	Julio	\$ 204.47	\$ 1.487
Promedio		\$ 199.22	\$ 1.423

Tabla 3. Cuotas aplicables en el periodo de facturación

Con los datos de facturación eléctrica mostrados con anterioridad (Tabla 2), las cuotas aplicables consultadas para los meses correspondientes (Tabla 3) y con información sobre cargo por bajo factor de potencia según la empresa suministradora de energía, se estimó lo siguiente:

	Mes	Cargo por demanda máxima	Cargo por consumo eléctrico	Costo total de la energía	Cargo por FP	Costo por servicio eléctrico	Costo por servicio eléctrico más IVA
2016	Agosto	\$ 7,593.60	\$ 6,343.04	\$ 13,936.64	\$ 1,111.56	\$ 15,048.20	\$ 17,455.92
	Septiembre	\$ 7,649.60	\$ 7,246.08	\$ 14,895.68	\$ 855.22	\$ 15,750.90	\$ 18,271.05
	Octubre	\$ 7,683.20	\$ 5,722.80	\$ 13,406.00	\$ 1,101.47	\$ 14,507.47	\$ 16,828.67
	Noviembre	\$ 7,774.80	\$ 6,996.00	\$ 14,770.80	\$ 1,000.55	\$ 15,771.35	\$ 18,294.77
	Diciembre	\$ 7,791.20	\$ 6,528.00	\$ 14,319.20	\$ 847.41	\$ 15,166.61	\$ 17,593.26
2017	Enero	\$ 7,915.20	\$ 6,316.80	\$ 14,232.00	\$ 1,067.40	\$ 15,299.40	\$ 17,747.30
	Febrero	\$ 8,026.00	\$ 8,040.00	\$ 16,066.00	\$ 1,108.22	\$ 17,174.22	\$ 19,922.09
	Marzo	\$ 6,615.36	\$ 8,698.88	\$ 15,314.24	\$ 921.10	\$ 16,235.34	\$ 18,833.00
	Abril	\$ 8,318.80	\$ 8,779.68	\$ 17,098.48	\$ 1,344.76	\$ 18,443.24	\$ 21,394.15
	Mayo	\$ 8,259.60	\$ 7,851.36	\$ 16,110.96	\$ 1,409.07	\$ 17,520.03	\$ 20,323.23
	Junio	\$ 8,166.40	\$ 8,127.36	\$ 16,293.76	\$ 1,540.31	\$ 17,834.07	\$ 20,687.52
	Julio	\$ 8,178.80	\$ 7,851.36	\$ 16,030.16	\$ 1,402.00	\$ 17,432.16	\$ 20,221.31
Promedio	\$ 7,831.05	\$ 7,375.11	\$ 15,206.16	\$ 1,142.42	\$ 16,348.58	\$ 18,964.36	
Suma	\$ 93,972.56	\$ 88,501.36	\$ 182,473.92	\$ 13,709.07	\$ 196,182.99	\$ 227,572.27	

Tabla 4. Costos de facturación estimados por servicio eléctrico

El costo total de la energía es la suma resultante del cargo por demanda máxima más el cargo por consumo eléctrico; a su vez, el costo por servicio eléctrico es el costo total de la energía al sumar un cargo o restar una bonificación por concepto de factor de potencia. Por último, se suma el IVA correspondiente al 16%.

En algunas ocasiones se aumenta a la tarifa el 2% del costo total de la energía por concepto de medición en baja tensión, el cargo se cobra por las pérdidas de transformación que existen cuando la medición se hace en baja tensión y que no registra el medidor.

La Tabla 5 muestra con detalle la estimación de los cargos consecuentes debido al bajo factor de potencia medido en la facturación eléctrica. El cargo por factor de potencia mensual viene calculado con la Ecuación 5, ecuación de penalización establecida por CFE vista con anterioridad.

	Mes	FP %	Precio total de la energía	% Cargo por FP bajo	Cargo por FP bajo
2016	Agosto	79.44	\$ 13,936.64	7.98%	\$ 1,111.56
	Septiembre	82.14	\$ 14,895.68	5.74%	\$ 855.22
	Octubre	79.16	\$ 13,406.00	8.22%	\$ 1,101.47
	Noviembre	80.87	\$ 14,770.80	6.77%	\$ 1,000.55
	Diciembre	81.92	\$ 14,319.20	5.92%	\$ 847.41
2017	Enero	80.00	\$ 14,232.00	7.50%	\$ 1,067.40
	Febrero	80.72	\$ 16,066.00	6.90%	\$ 1,108.22
	Marzo	81.80	\$ 15,314.24	6.01%	\$ 921.10
	Abril	79.57	\$ 17,098.48	7.86%	\$ 1,344.76
	Mayo	78.55	\$ 16,110.96	8.75%	\$ 1,409.07
	Junio	77.75	\$ 16,293.76	9.45%	\$ 1,540.31
	Julio	78.55	\$ 16,030.16	8.75%	\$ 1,402.00
	Promedio	80.04	\$ 15,206.16	7.49%	\$ 1,142.42
	Suma		\$ 182,473.92		\$ 13,709.07
	Mínimo	77.75	\$ 13,406.00	9.45%	\$ 847.41
	Máximo	82.14	\$ 17,098.48	5.74%	\$ 1,540.31

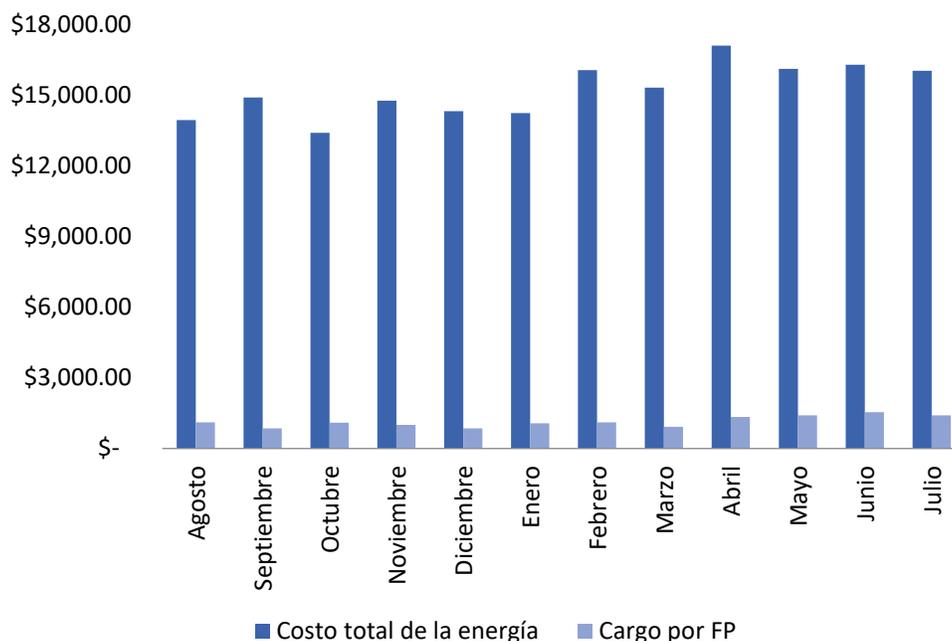
Tabla 5. Cargos debidos al bajo factor de potencia

El porcentaje máximo por cargo en factor de potencia fue en el mes de junio con 9.45% correspondiente a \$1,540.31 y el menor registrado fue en el mes de septiembre con 5.74% correspondiente a \$855.22

Se aprecia que en abril se registró el mayor precio por concepto de energía con un valor de \$17,098.48; sin embargo, el factor de potencia para este mes no es de los más bajos, como resultado se encuentra un cargo elevado consecuente del bajo factor de potencia, pero no es el mayor registrado en el periodo de facturación.

El cargo anual por bajo factor de potencia sumó un total anual de \$13,709.07 y un promedio mensual de \$1,142.42. Representa la penalización que podría evitarse si se tuviera un factor de potencia mayor o igual a 90%, además de que se recibiría una bonificación de hasta el 2.5% para un factor de potencia del 100%.

La Gráfica 5 muestra la relación que existe entre el cargo por bajo factor de potencia y el precio total de la energía facturada.



Gráfica 5. Comparación entre cargo por bajo factor de potencia y el precio total de la energía facturada

Si bien los valores no son representativos en cuanto al precio total de la energía, es un cargo evitable que disminuiría el costo por servicio eléctrico, lo cual es una clara oportunidad de ahorro económico; además de obtener beneficios como disminución de pérdidas térmicas en conductores, entre otros.

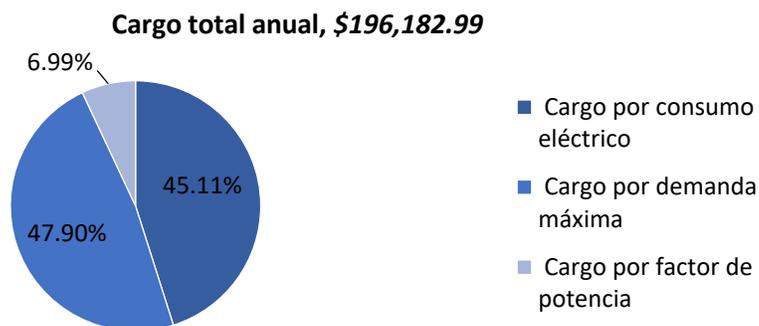
Así, el costo total anual por servicio eléctrico suministrado corresponde a la suma de cargo por consumo eléctrico, cargo por demanda máxima y cargo por factor de potencia bajo, la Tabla 6 incorpora estos cargos. El costo total anual por servicio eléctrico corresponde a \$196,182.99.

	Cargo anual
Cargo por consumo eléctrico	\$ 88,501.36
Cargo por demanda máxima	\$ 93,972.56
Cargo por factor de potencia	\$ 13,709.07
Cargo total anual	\$ 196,182.99

Tabla 6. Cargos por consumo eléctrico, demanda eléctrica y bajo factor de potencia

El costo por consumo y costo por demanda son valores cercanos y los más representativos del total; sin embargo, el que mayor peso debe tener es el precio por consumo eléctrico. El costo elevado por demanda máxima es correspondiente a picos de demanda. Es recomendable realizar un ajuste en la demanda para pagar principalmente por la energía consumida.

El contenido de la Tabla 6 es ilustrado en la Gráfica 6.



Gráfica 6. Cargo por consumo, demanda y bajo factor de potencia.

El cargo por consumo eléctrico corresponde al 45.11% del cargo total anual estimado, seguido del cargo por demanda máxima con el 47.90% y finalmente el costo por factor de potencia bajo con un 6.99%. Este último valor evitable si se mejorase el factor de potencia a un valor por encima del 90%.

La Tabla 7 presenta la estimación calculada del factor de carga y el precio medio de la energía. El factor de carga para cada mes fue calculado dividiendo el consumo en kWh entre la demanda máxima en kW multiplicada por las horas totales con las que contaba el mes calculado.

	Mes	% de FC facturado	% de FC estimado	Precio medio
2016	Agosto	17%	18%	\$ 2.77
	Septiembre	21%	20%	\$ 2.73
	Octubre	16%	15%	\$ 3.18
	Noviembre	18%	18%	\$ 2.99
	Diciembre	16%	16%	\$ 3.16
2017	Enero	16%	15%	\$ 3.42
	Febrero	19%	20%	\$ 3.20
	Marzo	22%	22%	\$ 3.17
	Abril	20%	19%	\$ 3.44
	Mayo	17%	18%	\$ 3.32
	Junio	18%	19%	\$ 3.28
	Julio	18%	18%	\$ 3.30
	Promedio	18%	18%	\$ 3.16

Tabla 7. Estimación del factor de carga y costo ponderado

El promedio mensual estimado del factor de carga es del 18% que corresponde con el facturado, sin embargo, se encuentran pequeñas diferencias en varios meses, diferencias debidas a la posible utilización de otra cantidad de horas para el cálculo en cada mes.

En cuanto al precio medio de la energía, se calculó al dividir la suma resultante del costo por consumo eléctrico y el cargo por bajo factor de potencia entre el consumo eléctrico en kWh, esto para cada mes del periodo facturado. Se estimó un costo promedio mensual de \$3.16 por kWh correspondiente al 5.33% por arriba del promedio facturado, el precio medio mensual facturado fue de \$2.99 por kWh.

8.1.3. Monitoreo

La acometida eléctrica principal se encuentra situada en la nave industrial correspondiente a la subestación eléctrica, se encontraron algunos detalles en cuanto al cableado eléctrico, pues no tenía orden de agrupación, protección o enrutamiento.

Se percató la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo lo cual ocasionaba la acumulación de polvo, en cuanto al estado de los conductores, no mostraban desgaste en su aislante.

Se recomienda mayor organización en la acometida y desarrollar un programa de mantenimiento, el mantenimiento preventivo además de proporcionar mejores condiciones de trabajo y limpieza, también alargará la vida útil de los conductores; el mantenimiento predictivo permitirá que se tomen decisiones antes de que ocurra una falla, como planear reparaciones o cambiar equipo viejo o dañado.

Se realizó el monitoreo de parámetros eléctricos en la acometida con la finalidad de detectar la calidad de la energía en la planta. Se conectó un analizador de redes eléctricas marca AMC 8336 configurado para censar los parámetros eléctricos cada 2 minutos durante un periodo de 24 horas, contando así con 720 mediciones que comenzaron a las 11:30 horas del día 3 de agosto a las 11:30 horas del 4 de agosto de 2017.

La conexión se realizó en el interruptor principal de la empresa, a este nivel se puede realizar una comparación entre lo facturado por CFE y lo registrado por el analizador de redes eléctricas.



Ilustración 7. Conexión del equipo de monitoreo en la acometida principal

El equipo eléctrico arrojó los resultados medidos, se realizó un resumen de las sumas y promedios según fuera el caso, así como máximos y mínimos registrados, además de la realización de gráficas para algunos parámetros mostrados.

8.1.3.1. Tensión y Corriente

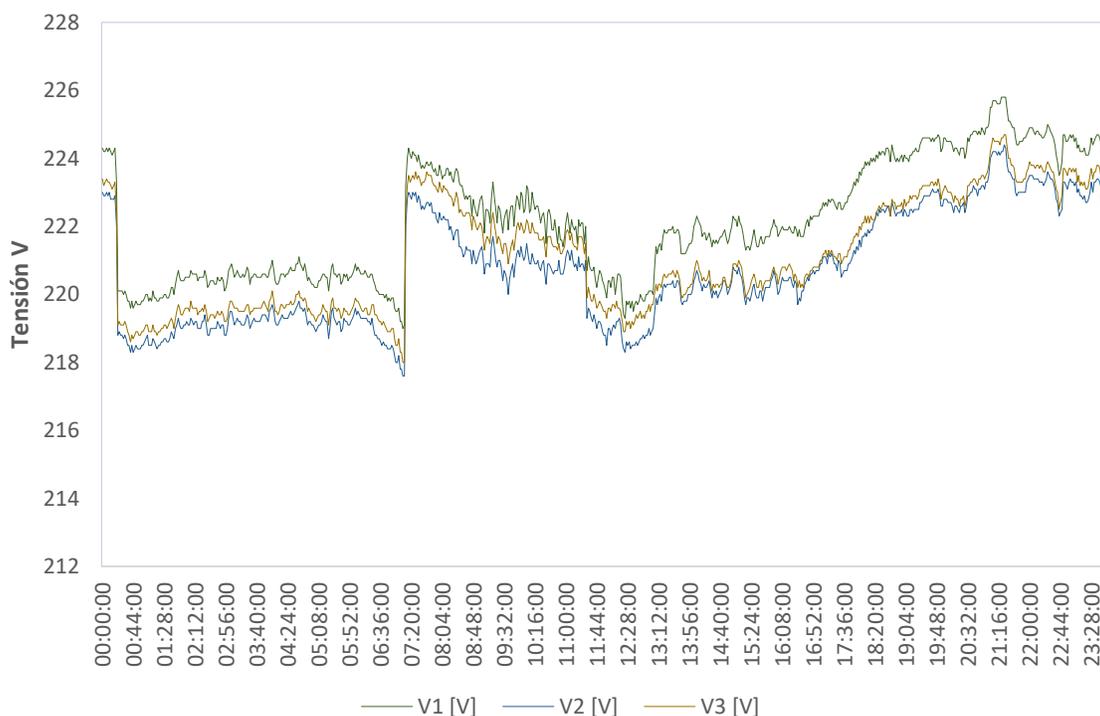
La Tabla 8 presenta las mediciones promedio de tensión registradas en el monitoreo, además de los valores máximos y mínimos mostrados a lo largo del periodo de medición.

	Tensión		
	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]
Máximo	225.80	224.40	224.70
Mínimo	219.00	217.60	218.00
Promedio	222.19	220.74	221.17

Tabla 8. Resumen de medición de tensión en el monitoreo

Los niveles de límites de tensión se ubican por debajo de los rangos establecidos en el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica¹¹ que permite hasta +/- 10 % de la tensión nominal de 220 V, pues el valor monitoreado promedio se encontró un 1% por encima.

La Gráfica 7 muestra de manera ilustrativa la tensión monitoreada por fase.



Gráfica 7. Tensión monitoreada

La variación de tensión es debida principalmente a la conexión y desconexión de cargas en la planta, se registra una pequeña caída en un intervalo aproximado de 00:22 a 07:20 horas.

Los valores en tensión mostrados no sobrepasan los límites de porcentaje de error en desbalance permitidos según la especificación L0000-45¹², el desbalance medido promedio fue de 0.3% mientras que el porcentaje de desbalance permitido es del 3%.

¹¹ (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión., 2012)

¹² (CFE, Enero 2005)

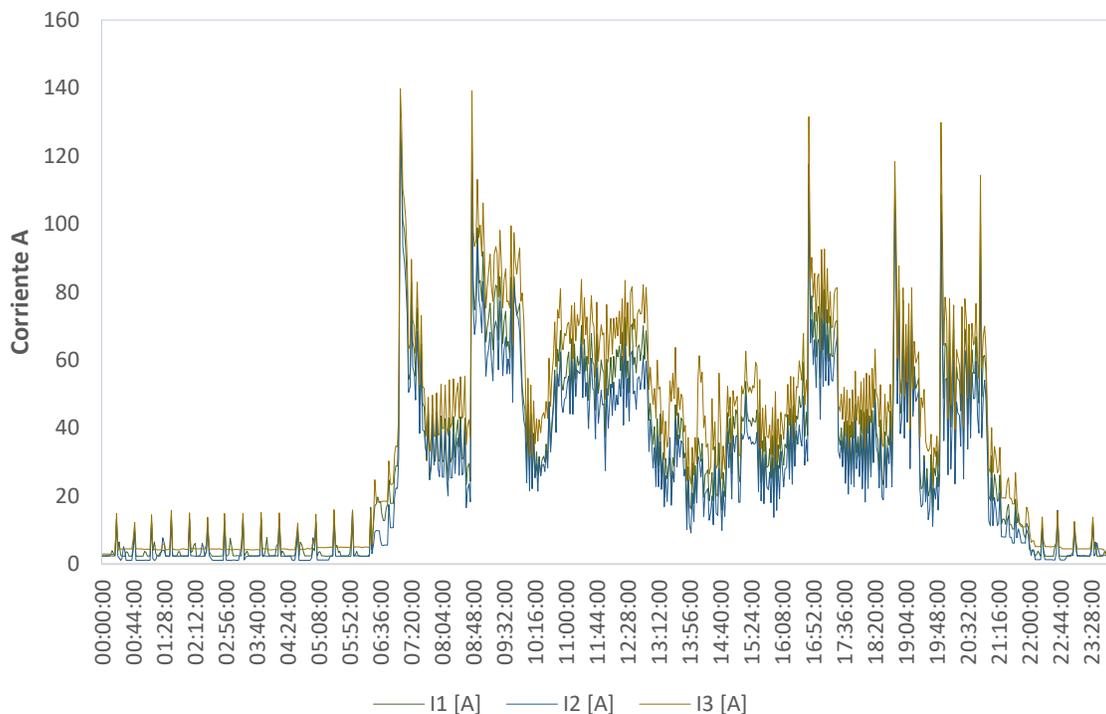
La Tabla 9 presenta un resumen en cuanto a los valores de corriente registrados en el monitoreo.

	Corriente		
	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]
Máximo	132.09	125.98	139.81
Mínimo	2.25	1.06	2.88
Promedio	30.54	26.40	37.55

Tabla 9. Resumen de medición de corriente en el monitoreo

Sé registró un mínimo de 1.06 A en la fase 2, mientras que se encuentra un máximo de 139.81 A en la fase 3. Podemos observar que en promedio se encuentra una carga más grande en la fase 3, seguida por la fase 2 y al final una carga más pequeña en la fase 1. La especificación L0000-45 también establece un porcentaje de desbalance máximo en corriente permitido en el punto de acometida del 15% para una impedancia relativa entre 100 y 1000 y tensiones menores a 1kV; el porcentaje de desbalance para valores máximos es del 5.42%, por lo tanto, se encuentra dentro del límite permitido.

La Gráfica 8 muestra el comportamiento de la corriente eléctrica para cada fase durante el periodo de monitoreo.



Gráfica 8. Corriente monitoreada en la acometida eléctrica

Se encuentra una variación de intensidad durante el horario laboral, correspondiente a la utilización de equipos y maquinaria para la realización de producción requerida. Podemos ver que hay varios picos de menor magnitud fuera del horario laboral, un horario aproximado de 00:00 a 06:00 horas y 22:00 a 24:00 horas, correspondiente a la utilización de un equipo o maquinaria fuera del proceso productivo.

8.1.3.2. Distorsión Armónica

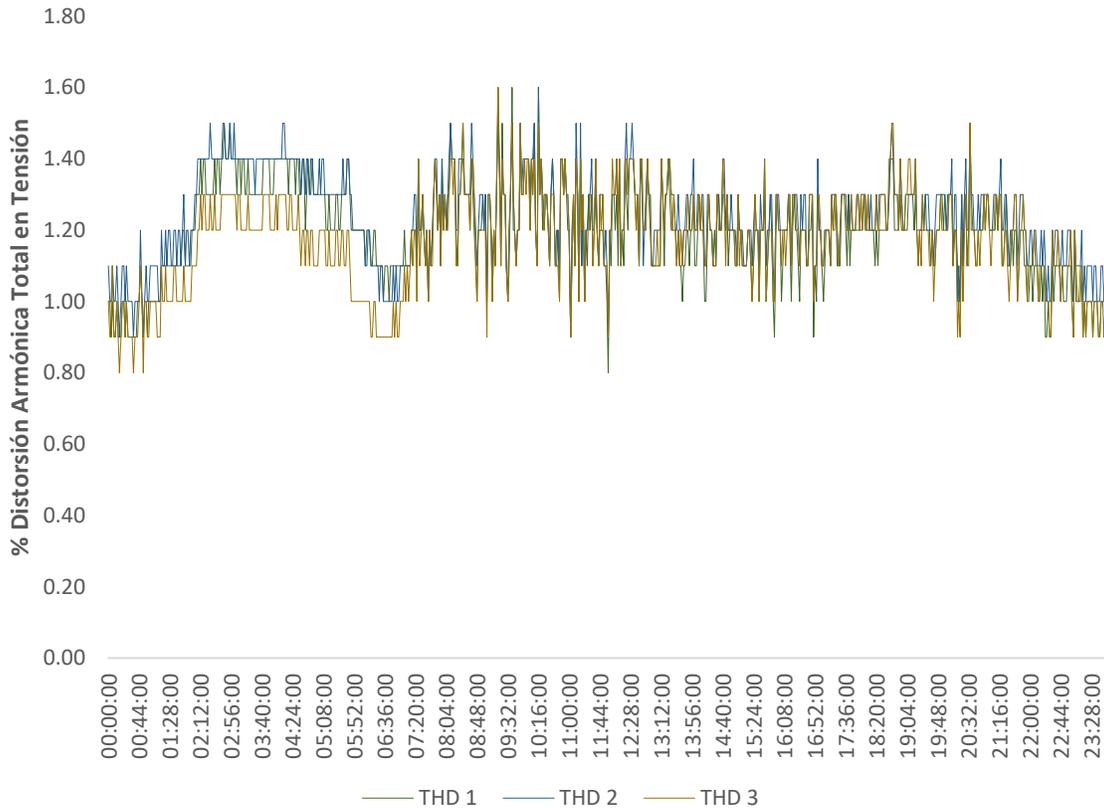
La Tabla 10 presenta los valores de distorsión armónica total en tensión, según el monitoreo realizado a la acometida eléctrica.

	Distorsión armónica total en tensión		
	DATT V1 [%]	DATT V2 [%]	DATT V3 [%]
Máximo	1.60	1.60	1.60
Mínimo	0.80	0.90	0.80
Promedio	1.19	1.24	1.17

Tabla 10. Resumen de distorsión armónica total en tensión

Existe un mismo valor máximo para las tres fases, este es del 1.60%. Los mínimos son 0.80%, 0.90% y 0.80% para las fases 1, 2 y 3 respectivamente. En general, los promedios por fase son valores de distorsión armónica bajos.

La Gráfica 9 muestra los valores de distorsión armónica en tensión en la acometida eléctrica para cada una de las fases.



Gráfica 9. Distorsión armónica total en tensión

La especificación CFE L0000-45 permite como límite máximo de distorsión armónica total el 8% para una tensión menor de 1 kV. Como se puede ver y en la Tabla 10, los valores máximos registrado fueron de 1.60% en cada una de las tres fases, por lo tanto, la distorsión se encuentra dentro del rango permitido. La distorsión armónica en tensión registró un promedio total de 1.20%.

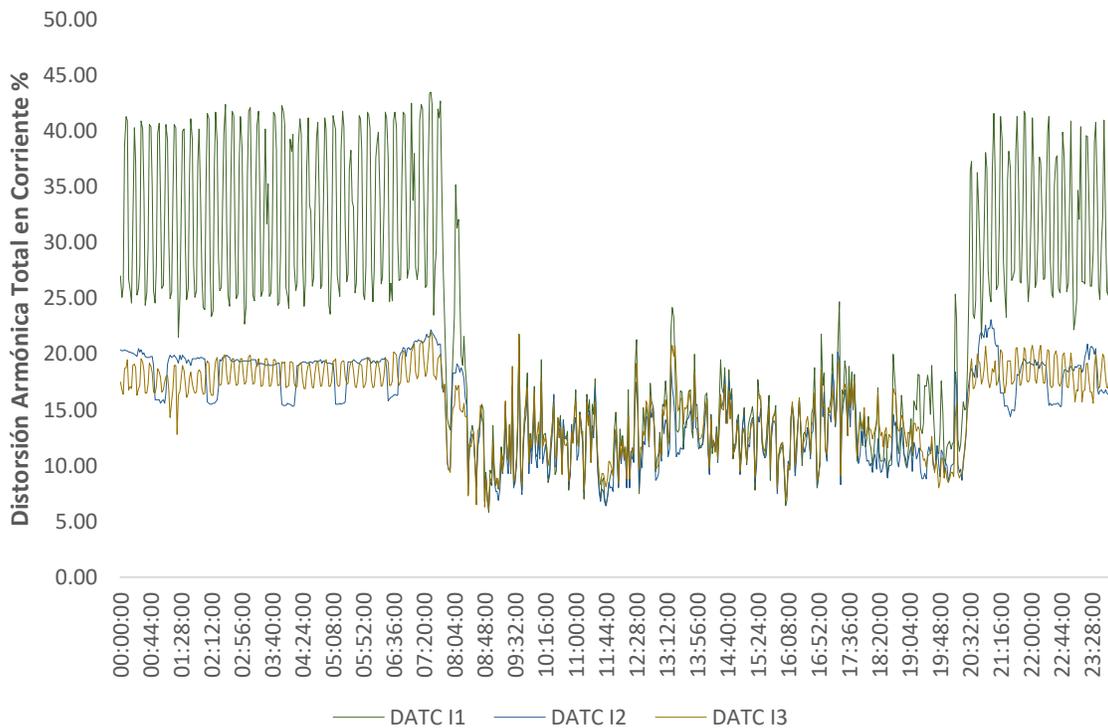
En cuanto a distorsión armónica total en corriente, la Tabla 11 resume los valores monitoreados.

	Distorsión armónica total en corriente		
	DATC I1 [%]	DATC I2 [%]	DATC I3 [%]
Máximo	43.50	23.10	21.90
Mínimo	5.80	6.20	6.10
Promedio	22.56	15.25	15.36

Tabla 11. Resumen de distorsión armónica total en corriente

La fase 1 presenta una distorsión armónica máxima en corriente de magnitud notable en comparación con la fase 2 y 3. Se tiene un máximo de 43.50% en la fase 1 cuando en la fase 2 y 3 el máximo valor corresponde a 23.10 y 21.90 respectivamente. Los valores mínimos para cada fase son de menor desigualdad, lo mismo ocurre para los promedios.

La Gráfica 10 presenta los porcentajes de distorsión armónicos en corriente resultantes del monitoreo.



Gráfica 10. Distorsión armónica total en corriente

De forma más clara se distingue que la distorsión de la fase 1 sobresale de la fase 2 y 3, a excepción de un horario aproximado de 08:30 a 20:30, donde es más parejo el porcentaje de distorsión entre las tres fases. La fase 1 podría tener conectada una carga diferente a las otras fases, la cual es causante de un mayor porcentaje de distorsión armónica en corriente.

Sería prudente identificar qué es lo que causa la diferencia con las otras fases e intentar corregir para tener un porcentaje de distorsión más parejo y con una magnitud pequeña.

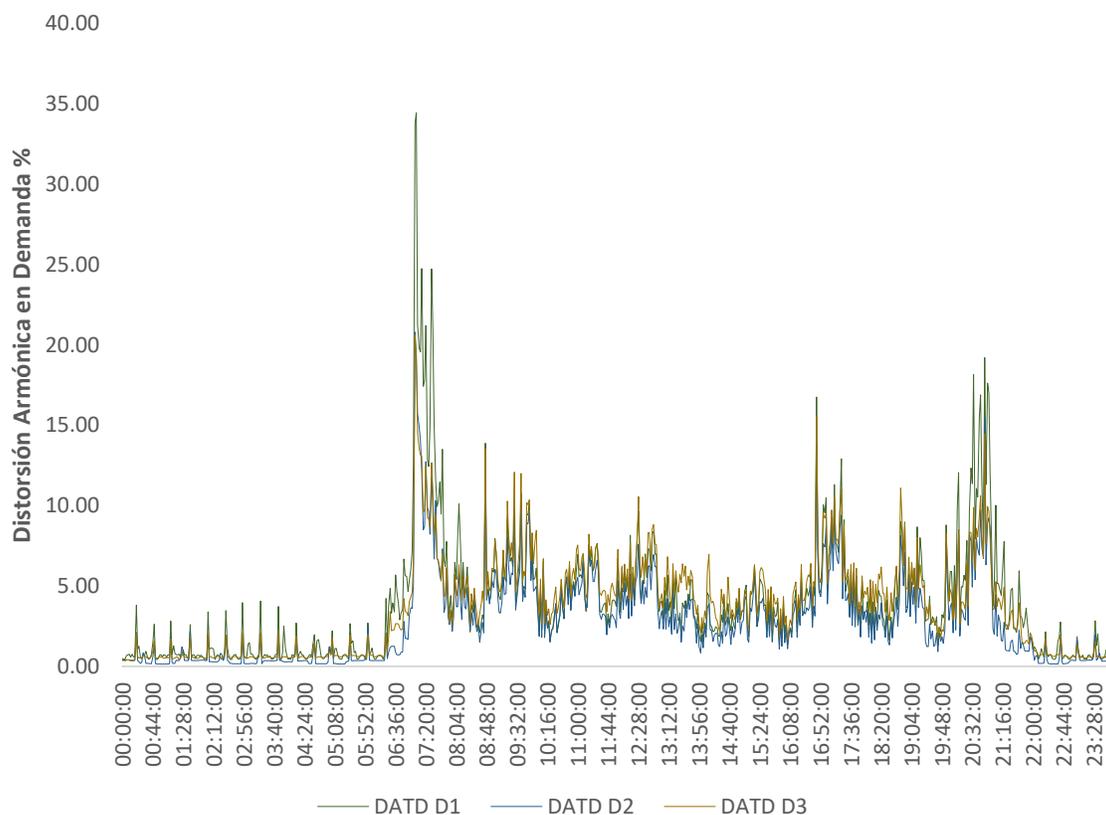
Para la distorsión armónica total en demanda, la Tabla 12 presenta el resumen de valores monitoreados.

Distorsión armónica total en demanda			
	THD D1 [%]	THD D2 [%]	THD D3 [%]
Máximo	34.45	20.80	20.60
Mínimo	0.41	0.14	0.35
Promedio	3.92	2.81	3.70

Tabla 12. Distorsión armónica en demanda

Se tiene un valor máximo de mayor magnitud en la fase 1 que en la fase 2 y 3. Al igual que en la distorsión armónica en corriente, la distorsión armónica en demanda es de menor variación entre las fases para los valores mínimos y promedio.

La especificación L0000-45 anteriormente nombrada, permite una distorsión armónica total en corriente de hasta el 15 % para tensiones de hasta 69 kV e impedancia relativa entre 100 y 1000. Se encontró que, en promedio las fases cumplen con la especificación, aunque existen algunos valores máximos que sobrepasan el valor máximo permitido.



Gráfica 11. Distorsión armónica total en demanda

Se recomienda realizar un monitoreo de los armónicos para conocer cuáles de ellos son los responsables de este desbalance y así verificar si realmente están afectando la instalación o no.

8.1.3.3. Demanda eléctrica

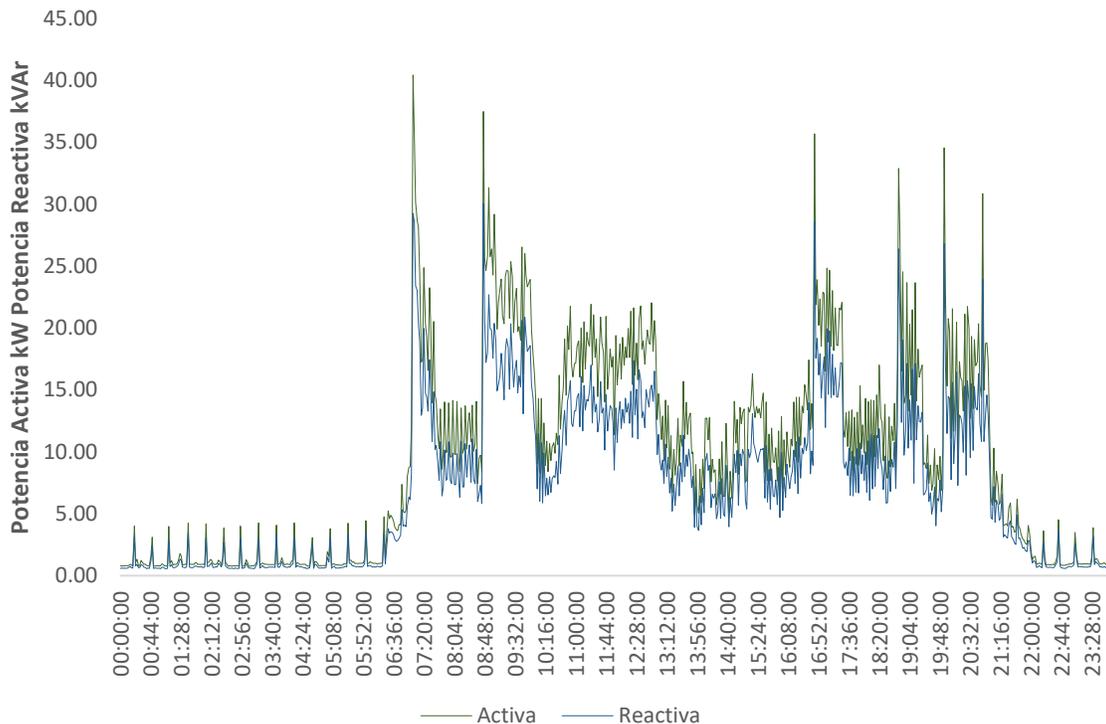
A continuación, se muestra la demanda eléctrica registrada por el analizador de redes durante el monitoreo en la acometida. La Tabla 13 registra los máximos, mínimos, promedios y sumas de los valores de potencia aparente, activa y reactiva.

	Potencia		
	<i>P aparente [VA]</i>	<i>P activa [W]</i>	<i>P reactiva [VAr]</i>
Máximo	49.89	40.41	30.06
Mínimo	0.97	0.76	0.56
Promedio	12.00	9.58	7.22
Suma	8,641.85	6,898.34	5,201.21

Tabla 13. Resumen de potencia eléctrica demandada

Si es utilizado el triángulo de potencias en cada medición, el resultado de la potencia aparente elevado al cuadrado corresponde con la suma del cuadrado de la potencia activa más la suma del cuadrado de la potencia reactiva, esto es tanto para los valores promedio como en cada una de las mediciones a la acometida eléctrica durante el monitoreo

La Gráfica 12 se generó a partir de todas las mediciones de potencia activa y reactiva realizadas en el monitoreo. La forma de la gráfica viene dada en función de las actividades y procesos diarios que se efectúan en la empresa.



Gráfica 12. Demanda de energía eléctrica en el periodo de monitoreo

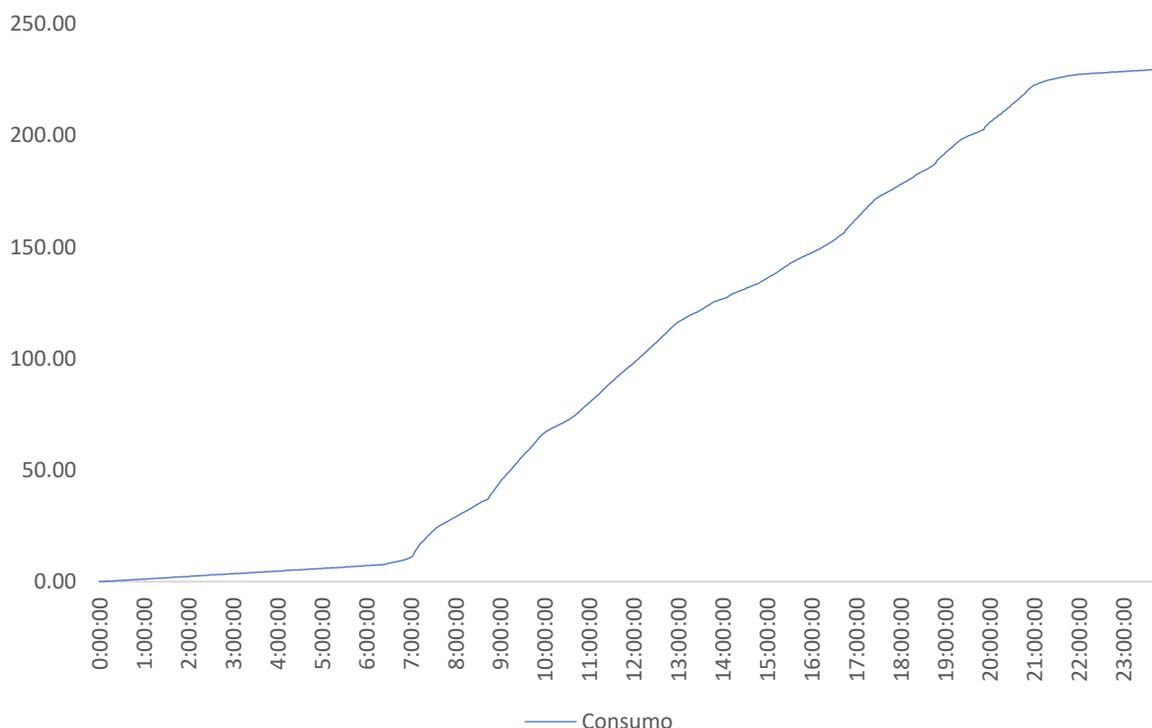
Algunos picos de demanda sobresalen a lo largo del día, estos picos de mayor tamaño se encuentran arriba de los 30 kW, el mayor corresponde al inicio de labores, en ese momento comienza el proceso productivo y varios de los equipos son utilizados simultáneamente.

En horario no laboral (correspondientes a un periodo aproximado de 21:00 a 6:00 horas) se observa una demanda constante cercana a los 850 W, correspondiente a equipos consumidores de energía funcionando a toda hora. En el mismo horario se observan pequeños picos de demanda aproximados a los 4 kW correspondientes a la conexión y desconexión de algunas cargas. El comportamiento de la potencia reactiva es similar al de la potencia activa, pero de magnitud menor.

El histórico del recibo de CFE muestra un valor de demanda máxima de 40 kW, sin embargo, en el monitoreo realizado se muestra un valor de demanda máxima ligeramente arriba, correspondiente a los 40.4 kW.

8.1.3.4. Consumo

El consumo eléctrico medido en la acometida durante un periodo de 24 horas se muestra en la Gráfica 13.



Gráfica 13. Consumo eléctrico en el periodo de monitoreo

Las actividades inician alrededor de las 7:00 horas, después de este horario el consumo comienza a incrementarse hasta las 21:00 horas aproximadamente, tratándose del horario laboral, luego la pendiente de la curva se reduce indicando que el consumo disminuye por el cese de actividades. El consumo total durante el periodo de monitoreo fue de 229.94 kWh, con este dato podemos hacer aproximaciones de facturación mensual y anual.

8.1.3.5. Factor de potencia

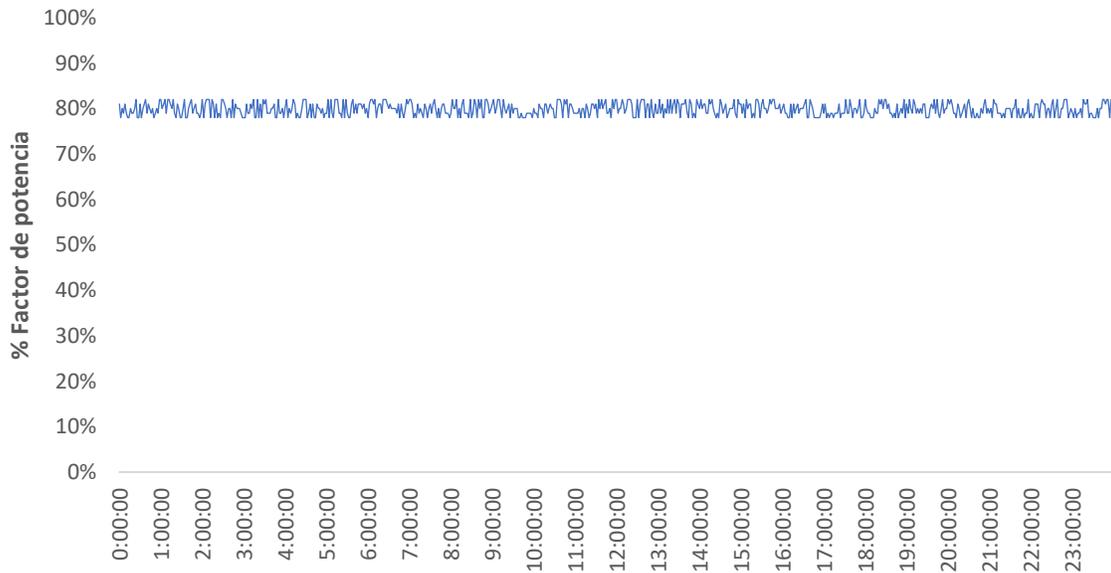
Como se había mencionado con anterioridad, el porcentaje de factor de potencia se encontraba por debajo del 90%, en el monitoreo realizado se puede confirmar este hecho.

Factor de potencia	
	FP
Máximo	0.82
Mínimo	0.78
Promedio	0.80

Tabla 14. Factor de potencia en monitoreo

En promedio se encontró un valor de factor de potencia del 80%, coincide con el valor facturado por la compañía suministradora de energía eléctrica.

La Gráfica 14 muestra los valores de factor de potencia a lo largo del día de monitoreo.



Gráfica 14. Factor de potencia en el periodo monitoreado

En el monitoreo se registró una oscilación del factor de potencia entre el 78% y el 82% a lo largo del día. Valores constantes, aunque bajos correspondientes de una penalización. Se confirma la necesidad de corrección de factor de potencia a valores por encima del 90% para evitar penalizaciones y adquirir bonificación por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica.

8.2. Usos significativos de la energía

Se realizó el censo de equipos instalados con la finalidad de detectar ¿dónde? y ¿cómo? es utilizada la energía eléctrica en la empresa. El sistema eléctrico se dividió en tres rubros:

- Sistema de fuerza
- Sistema de iluminación
- Sistema de oficinas

El sistema de fuerza contempla equipos necesarios para desarrollar las actividades transformadoras de la materia prima y de producción, el sistema de iluminación que es el necesario para el correcto desarrollo de todas las actividades tanto de producción como administrativas y finalmente el sistema de oficinas contempla los equipos necesarios para la realización de asuntos administrativos.

8.2.1. Sistema de fuerza

Se realizó un censo de equipos operando en planta resumido en la Tabla 15.

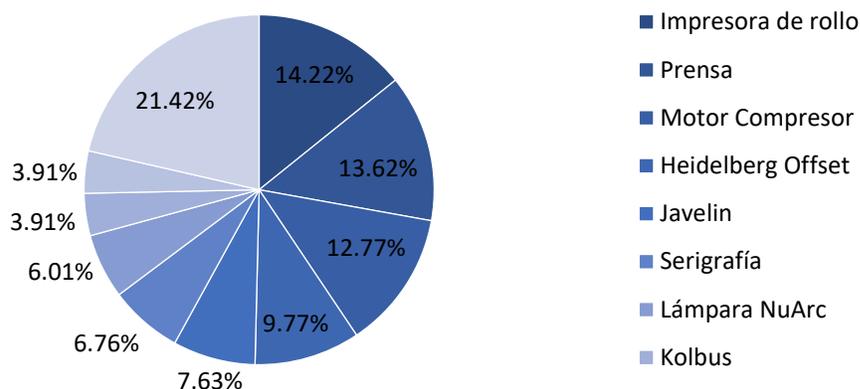
Equipo	Cantidad	Potencia kW	Horas de uso	Factor de uso	Días al año	Consumo estimado anual kWh
Equipo de proceso						
Punteadora	5	1.15	4.5	0.5	305	3,936.59
Prensa	1	6.80	0.2	1.0	50	56.67
Javelin	1	3.81	5.0	1.0	305	5,810.86
Guillotina LMM	1	1.10	4.0	0.6	305	805.20
Kolbus	1	1.95	4.0	0.6	305	1,428.08
Cortadora de centros	1	0.47	2.0	0.6	305	172.93
Heidelberg Cylinder	1	0.82	6.0	0.6	305	903.70
Suajadora de rodillo	1	0.91	6.0	0.6	305	1,004.12
Iberica	2	1.95	4.0	0.6	305	2,856.15
Recolector de polvo	1	0.61	4.0	0.6	305	446.27
Heidelberg Offset	1	4.88	5.0	0.6	305	4,462.74
Mesa de luz	3	0.04	1.0	0.6	305	6.86
		0.19	1.0	0.6	305	34.59
		0.03	1.0	0.6	305	4.58
Pantalla	2	0.24	1.0	0.6	305	87.84
Lámpara NuArc	1	3.00	1.0	0.6	305	549.00
Lámpara incandescente	1	0.06	1.0	0.6	305	10.98
Horno de secado	1	1.93	6.0	0.6	305	2,121.34
Laminadoras	3	0.18	2.0	0.6	305	67.34
		0.91	2.0	0.6	305	332.97
		0.19	2.0	0.6	305	68.52
Rayadora	1	0.91	2.0	0.6	305	332.97
Impresora de rollo	1	7.10	7.0	0.6	300	8,946.00
Serigrafía	1	3.38	4.0	1.0	50	675.00
Subtotal		42.61				35,121.29
Equipo de servicio						
Ventilador	3	0.05	1.0	0.6	305	9.88
		0.18	1.0	0.6	305	32.20
		0.02	1.0	0.6	305	4.03
Bomba	1	0.70	1.0	0.6	305	128.81
Motor compresor	1	6.38	4.9	1.0	300	9,376.23
Subtotal		7.34				9,551.15
Total		49.94				44,672.44

Tabla 15. Consumo estimado en el sistema de fuerza

Para los equipos de fuerza de la Tabla 15 se consideró: el número de equipos que se encontraron, las especificaciones eléctricas y la información necesaria para la determinación del consumo eléctrico. Para las mediciones puntuales efectuadas se utilizó una pinza amperimétrica marca Amprobe modelo ACD-41PQ, se realizaron mediciones de potencia y factor de potencia. También se utilizó un analizador de redes eléctricas AMC 8335 y un analizador de motores Kyoritsu en ciertos equipos.

En la Gráfica 15 identificamos los equipos con potencia mayor, se trata de los más representativos en cuanto a demanda eléctrica.

Potencia total instalada, 49.94 kW

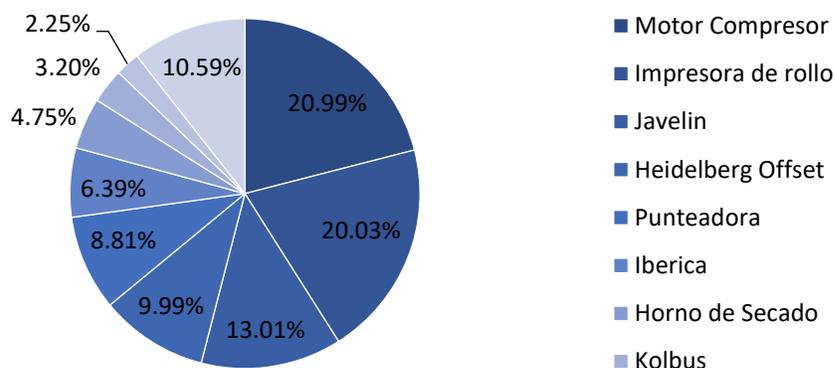


Gráfica 15. Porcentaje de potencia por equipo de fuerza

Los cinco principales equipos en cuanto a potencia instalada son la impresora de rollo, prensa, motor compresor, Heidelberg Offset y Javelin. Estos equipos suman aproximadamente el 50% de un total de 49.94 kW de potencia instalada en la empresa.

A su vez, en la Gráfica 16 se muestran los equipos de mayor consumo eléctrico a lo largo de un año.

Consumo estimado por equipo. 44,672.44 kWh/año



Gráfica 16. Porcentaje de consumo eléctrico total anual estimado

Los cinco principales equipos en cuanto a consumo anual estimado son el motor compresor, la impresora de rollo, Javelin, Heidelberg Offset y punteadoras. Estos equipos suman aproximadamente el 73% de un total de 44,672.44 kWh del consumo anual estimado en la empresa.

Los equipos eléctricos del sistema de fuerza se dividieron en dos tipos: proceso y servicio. A continuación, en la Tabla 16 se presenta un resumen de potencia y consumo eléctrico anual por tipo de equipos en el sistema de fuerza.

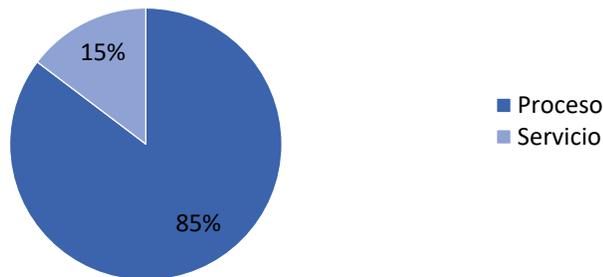
Equipo	Potencia kW	Consumo estimado anual kWh
Proceso	42.61	35,121.29
Servicio	7.34	9,551.15
Total	49.94	44,672.44

Tabla 16. Resumen de demanda y consumo del sistema de fuerza

Se tiene una potencia instalada de 49.94 kW y un consumo anual de 44,672.44 kWh.

La Gráfica 17 muestra la distribución de demanda por tipo de equipo.

Potencia total instalada, 49.94 kW

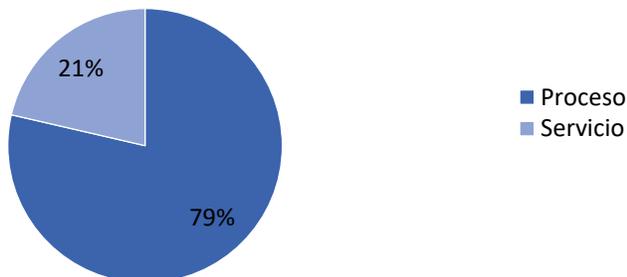


Gráfica 17. Potencia total instalada en el sistema de fuerza

Los equipos de proceso suman 42.61 kW correspondiente al 85% de la potencia total estimada en el sistema de fuerza, el 15% restante lo ocupan los equipos de servicio con un total de 7.34 kW.

Así mismo, La Gráfica 18 muestra la distribución de consumo eléctrico anual estimado por tipo de equipo.

Consumo anual estimado, 44,672.44 kWh



Gráfica 18. Consumo total estimado en el sistema de fuerza

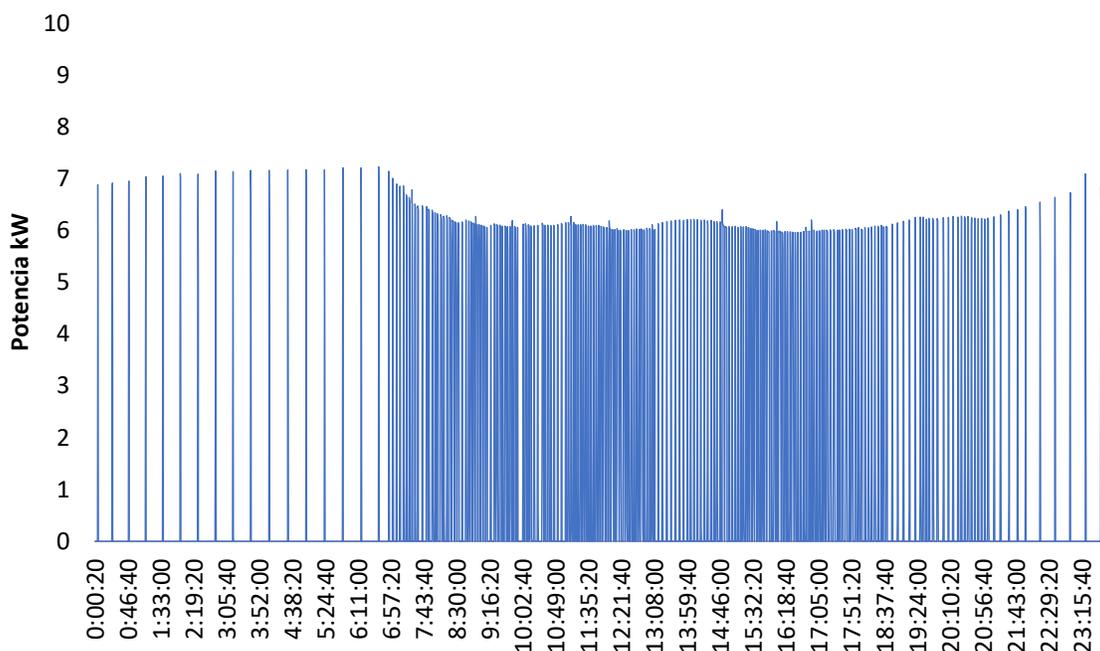
Los equipos de proceso productivo representan el 79% del consumo total anual estimado, con un total de 35,121.29 kWh. El 21% restante tiene lugar con los equipos de servicio y un consumo de 9,376.23 kWh.

La empresa diagnosticada cuenta con un programa de mantenimiento preventivo anual para equipos instalados que operan al llevar a cabo el proceso productivo. Se encontraron equipos muy viejos de más de 17 años de antigüedad.

Durante la recolección de datos se pudo notar que existen algunos equipos que se dejan funcionando aun cuando el proceso productivo está parado, como lo son la Impresora de rollo, Javelin, Heidelberg, Ibérica y Kolbus (se trata de algunos equipos considerados principales en cuanto a potencia y consumo eléctrico).

Se decidió monitorear el motor compresor ya que juega un papel importante para poder llevar a cabo el proceso productivo, destaca en cuanto a demanda de energía y se consideró que es un equipo de uso constante.

En el monitoreo al motor compresor se utilizó el analizador de motores Kyoritsu, se registraron 4320 mediciones a lo largo de un día completo. La Gráfica 19, presenta el comportamiento de demanda del compresor con los valores resultantes del monitoreo.



Gráfica 19. Monitoreo de demanda al compresor

El motor compresor se encuentra operando aún fuera del horario de trabajo y su uso se intensifica durante el proceso productivo. Los picos de demanda fuera de horario laboral son los responsables de un consumo de energía sin utilidad, pueden deberse a las pérdidas de presión en las tuberías del suministro de aire.

8.2.2. Sistema de iluminación

Para realizar las mediciones y estimaciones en cuanto a iluminación, la empresa se dividió en diferentes áreas según las actividades realizadas.

Para cada área se recopiló información importante en cuanto al sistema de iluminación, como lo es:

- Tipo de actividad realizada en cada área.
- Número y tipo de lámparas, luminarias y difusores. De ser posible, datos sobre especificaciones eléctricas.

- Color de techo, paredes y piso.
- Dimensiones del espacio: Largo, ancho, alto, altura de montaje y altura de plano de trabajo. Distribución de las luminarias.
- Mediciones de luxes en diferentes puntos del área y plano de trabajo. Así como reflectancia en paredes y plano de trabajo.
- Datos de programa de mantenimiento, antigüedad y estado de lámparas y luminarias.
- Datos de operación: horas de uso al día y días de operación al año.

La tecnología encontrada en el sistema de iluminación se resume en la Tabla 17. La tabla completa se encuentra en el Anexo III. Formatos completos.

Área	Tipo de área	Tipo de tecnología	Potencia por luminaria W	Número de luminarias	Potencia total de luminarias kW	Consumo de energía anual kWh
Almacén 1	Almacén	F T8 2x60W	112	1	0.11	171.36
		F T8 2x30W	61	1	0.06	93.33
Almacén 2	Almacén	F T8 2x30W	61	4	0.24	373.32
Comedor	Preparación de comida	F T8 2x60W	112	2	0.22	571.20
		F T8 2x30W	61	2	0.12	311.10
Gerencia Producción	Oficina	F T8 2x59W	103	1	0.10	273.16
		F T12 2x75W	175	1	0.18	464.10
Impresión	Taller	F T8 2x60W	112	8	0.90	1,370.88
		F T8 2x30W	61	4	0.24	373.32
Inspección	Taller	F T8 2x32W	65	3	0.20	547.56
		F T12 2x32W	65	1	0.07	182.52
		F T8 2x59W	112	6	0.67	1,886.98
Javelin	Taller	F T8 2x60W	112	5	0.56	1,499.40
Pantallas	Taller	F T12 2x39W	77	1	0.08	166.90
		F T8 2x32W	65	5	0.33	704.44
Recibo materia prima	Almacén	F T8 2x60W	112	1	0.11	228.48
		F T8 2x30W	61	2	0.12	248.88
Recursos humanos	Oficina	F T8 2x59W	103	3	0.31	630.36
Suaje y laminado	Taller	F T8 2x60W	112	6	0.67	1,370.88
		F T8 2x30W	61	3	0.18	373.32
				60	5.47	11,841.48

Tabla 17. Resumen de tecnología actual en el sistema de iluminación.

Se encontraron once diferentes áreas, la mayoría se trataba de talleres donde se lleva a cabo el proceso productivo. La tecnología en iluminación encontrada en toda la empresa fue de lámparas fluorescente tipo T12 y T8.

Se registró un total de 60 luminarias que sumaron una potencia instalada de 5.47 kW y según la información de utilización se estimó un consumo eléctrico anual de 11,841.48 kWh.

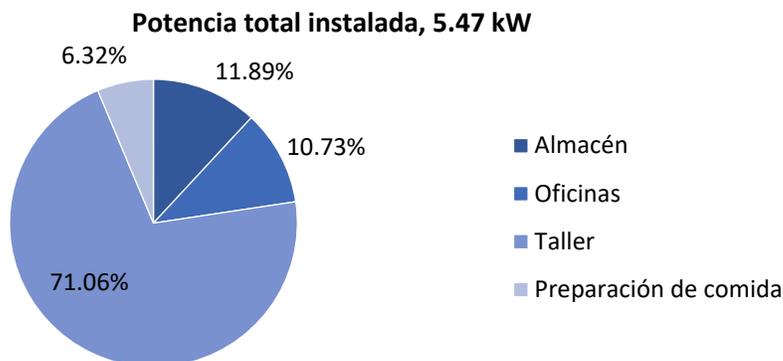
La Tabla 18 muestra los tipos de área según la actividad realizada, así como potencia instalada y consumo anual estimado.

Tipo de área	Potencia total kW	Consumo anual estimado kWh
Almacén	0.65	1,115.37
Oficinas	0.59	1,367.62
Taller	3.89	8,476.19
Preparación de comida	0.35	882.30
Total	5.47	11,841.48

Tabla 18. Tipo de áreas encontradas para el sistema de iluminación

Se encontraron cuatro diferentes tipos de área que, en cuanto a niveles de iluminación, van desde el requerimiento visual simple hasta la distinción moderada de detalles.

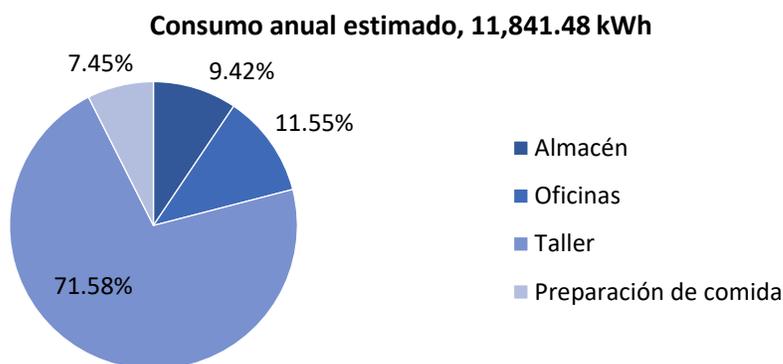
La Gráfica 20 muestra la potencia total instalada en el sistema de iluminación según el tipo de área de trabajo.



Gráfica 20. Potencia total instalada según el tipo de área en el sistema de iluminación

Los talleres suman un total de 3.89 kW de potencia instalada, correspondiente al 71.06% del total de potencia instalada en el sistema de iluminación. Después se encuentran los almacenes con una potencia de 0.65 kW, oficinas con 0.59 kW y finalmente preparación de comida con 0.35 kW; estos corresponden al 11.89%, 10.73% y 6.32% respectivamente de un total de 5.47 kW en el sistema de iluminación.

La Gráfica 21 presenta la distribución de consumo según el tipo de área en el sistema de iluminación.



Gráfica 21. Consumo anual estimado según el tipo de área en el sistema de iluminación

Las principales áreas en cuanto a consumo eléctrico son los talleres con 8,476.19 kWh, seguido de las oficinas con 1,367.62 kWh, después los almacenes con 1,115.37 kWh y finalmente el área de preparación de comida con 882.30 kWh; esto vendría representando el 71.58%, 11.55%, 9.42% y 7.45% respectivamente de un total de 11,841.48 kWh correspondiente al consumo eléctrico anual en el sistema de iluminación.

En la Tabla 19 se observa la cantidad de luminarios, la potencia instalada y el consumo eléctrico en el sistema de iluminación según el tipo de tecnología en luminarias.

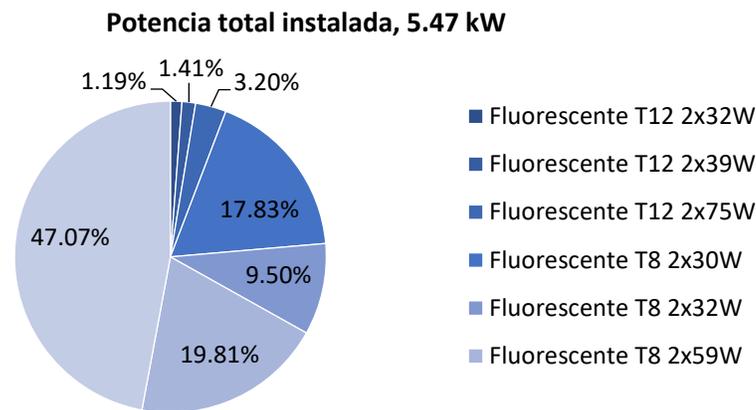
Tipo de tecnología	Cantidad	Potencia total instalada kW	Consumo estimado anual kWh
F T12 2x32W	1	0.07	182.52
F T12 2x39W	1	0.08	166.90
F T12 2x75W	1	0.18	464.10
Subtotal	3	0.32	813.52
F T8 2x30W	16	0.98	1,773.27
F T8 2x32W	8	0.52	1,252.00
F T8 2x59W	10	1.08	2,790.49
F T8 2x60W	23	2.58	5,212.20
Subtotal	57	5.16	11,027.96
Total	60	5.47	11,841.48

Tabla 19. Resumen de potencia y consumo por tipo de luminaria.

La mayor cantidad de luminarias corresponde a la tecnología T8, cuenta con 57 unidades en total, mientras que la tecnología T12 sólo presenta 3. En cuanto a eficiencia, la tecnología T8 es superior a la T12, aunque existen tecnologías de eficiencia superior a estas.

Se muestra un total de 0.32 kW y 813.52 kWh anuales para tecnología fluorescente T12, mientras que la fluorescente T8 reúne 5.16 kW y 11,027.96 kWh anuales.

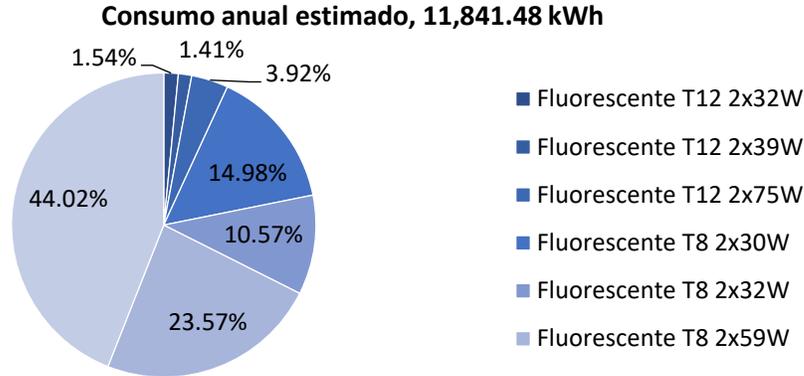
La Gráfica 21 muestra la distribución de la potencia total instalada en el sistema de iluminación, separando el tipo de tecnología.



Gráfica 22. Potencia total instalada por tipo de luminaria.

Las tres principales tecnologías que mayor potencia instalada presentan es la fluorescente T8 con dos tubos de 59W, seguida de la fluorescente T8 con dos tubos de 32W y finalmente la fluorescente T12 con dos tubos de 75W, estos representan el 47.07%, 19.81% y 17.83 respectivamente de una potencia total instalada de 5.47 kW en el sistema de iluminación.

En la Gráfica 25 se muestran las tecnologías de mayor peso en cuanto a consumo eléctrico anual en el sistema de iluminación.



Gráfica 23. Consumo anual estimado por tipo de luminaria.

Se trata de la tecnología fluorescente T8 con dos tubos de 59W, seguida de la fluorescente T8 con dos tubos de 32W y finalmente la fluorescente T12 con dos tubos de 75W; estas representan el 44.02%, 23.57% y 14.98% respectivamente del consumo total anual estimado correspondiente a 11,841.48 kWh en el sistema de iluminación.

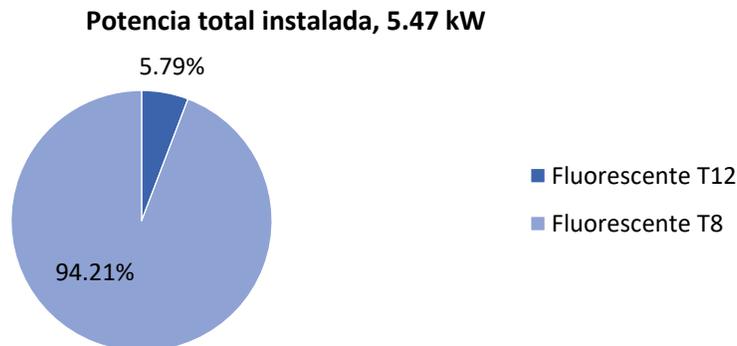
En la Tabla 20 se muestra la distribución de potencia total instalada y consumo eléctrico anual agrupando las tecnologías fluorescentes T8 y fluorescentes T12.

Tipo de tecnología	Potencia total instalada kW	Consumo anual estimado kWh
F T12	0.32	813.52
F T8	5.16	11,027.96
Total	5.47	11,841.48

Tabla 20. Potencia y consumo por tecnología en el sistema de iluminación.

Es sobresaliente el peso que tienen las luminarias para T8 en cuanto a potencia y consumo eléctrico.

La Gráfica 24 muestra la distribución por tecnología en cuanto a potencia instalada en el sistema.



Gráfica 24. Potencia total instalada por tecnología actual

En resumen, luminarias con tubos T12 representan el 5.79% equivalente a 0.32 kW de un total de 5.47 kW de potencia total instalada. Así, las luminarias con tubos T8 representan el 94.21% equivalente a 5.16 kW.

En cuanto a consumo eléctrico anual, la Gráfica 25 muestra la distribución por tecnología.

Consumo anual estimado, 11,841.48 kWh



Gráfica 25. Consumo total estimado por tecnología actual

Las luminarias con tubos T12 representan el 6.87% equivalente a 813.52 kWh de un total de 11,841.48 kWh de consumo total anual. Por lo tanto, las luminarias con tubos T8 representan el 93.13% equivalente a 11,027.96 kWh.

Para evaluar el sistema de iluminación se utilizaron las normas:

- NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-025-STyPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

La NOM-007-ENER-2014 tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) con que deben cumplir los sistemas de alumbrado, tiene como propósito hacer un uso eficiente de la energía eléctrica mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin disminuir los niveles de iluminancia requeridos.

Los resultados de la evaluación de la NOM-007-ENER se muestran en la Tabla 21, la determinación de DPEA es calculada a partir de la carga total conectada del alumbrado instalado y el área total por iluminar, se expresa en W/m².

Nombre del área	Tipo de área	DPEA actual W/m ²	DPEA recomendada W/m ²	Cumple con la NOM-007-ENER-2014
Almacén 1	Almacén	8.31	10.00	Sí
Almacén 2	Almacén	5.26	10.00	Sí
Comedor	Preparación de comida	11.40	10.66	No, se excede un 7%
Gerencia Producción	Oficina	13.3	12.00	No, se excede un 11%
Impresión	Taller	11.0	15.00	Sí
Inspección	Taller	19.5	15.00	No, se excede un 30%
Javelin	Taller	8.4	15.00	Sí
Pantallas	Taller	6.9	15.00	Sí
Recibo materia prima	Almacén	4.7	10.00	Sí
Recursos humanos	Oficina	11.4	12	Sí
Suaje y laminado	Taller	8.5	15.00	Sí

Tabla 21. Características de densidad de potencia eléctrica para alumbrado en la empresa

Tras la realización de mediciones y el cálculo de DPEA, se encontró que la mayoría de las áreas cumplen con la NOM-007-ENER-2014. La excepción son tres lugares: Comedor, Gerencia e Inspección, excediéndose en 6.9%, 11.2% y 30% respectivamente del nivel mínimo establecido por norma. El edificio en general tiene una DPEA igual a 9.56 W/m².

Para bajar los niveles de potencia instalada sin disminuir los niveles de iluminación en los diferentes tipos de área es recomendable cambiar las tecnologías de iluminación actuales por tecnologías de mayor eficiencia.

Mientras tanto, la NOM-025-STPS-2008 tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Para realizar la evaluación se considera el nivel de iluminación que se tiene en el plano de trabajo de cada una de las áreas. Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo están establecidos por la norma. También se considera la reflectancia en paredes y plano de trabajo, esta es la luz que incide y es proyectada o reflejada con el mismo ángulo con el que incidió. El nivel máximo permisible de reflectancia en paredes es del 60%, mientras que en el plano de trabajo es de 50%. Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión supera los valores establecidos. Las mediciones de los niveles de iluminación de las áreas, y reflectancia en paredes y plano de trabajo se hicieron con un luxómetro marca AEMC modelo CA813.

La Tabla 22 presenta los resultados de evaluación para la NOM-025-STPS-2008.

Nombre del área	Tipo de área	Iluminación promedio lx	Recomendada por NOM-025-STPS-2008 lx	Reflectancia en paredes %	Reflectancia en plano de trabajo %	Cumple con la NOM-025-STPS-2008
Almacén 1	Almacén	348	200	37	54	No, incumple en reflectancia máxima (plano de trabajo)
Almacén 2	Almacén	130	200	57	12	No, incumple en iluminación mínima (35% abajo)
Comedor	Preparación de comida	420	300	72	34	No, incumple en reflectancia máxima (paredes)
Gerencia Producción	Oficina	424	300	58	16	Sí
Impresión	Taller	1481	300	51	12	Sí
Inspección	Taller	1506	300	63	41	No, incumple en reflectancia máxima (paredes)
Javelin	Taller	1375	300	56	19	Sí
Pantallas	Taller	116	300	39	20	No, incumple en iluminación mínima (61% abajo)
Recibo materia prima	Almacén	1450	200	10	7	Sí
Recursos humanos	Oficina	566	300	33	17	Sí
Suaje y laminado	Taller	433	300	39	54	No, incumple en reflectancia máxima (plano de trabajo)

Tabla 22. Características de iluminación en la empresa

Se comparan los niveles de iluminación medidos con los niveles mínimos recomendados, así como la reflectancia en paredes y plano de trabajo. En más de la mitad de las áreas medidas no se cumplen la iluminación mínima o supera los niveles máximos de reflectancia, es importante tomar medidas al respecto y corregir los niveles para evitar multas.

8.2.3. Sistema de oficinas

En las oficinas se realizan las actividades típicas administrativas de la empresa, aquí se encuentran ubicadas las áreas de gerencia de producción y recursos humanos.

Se realizó el censo de los equipos instalados y se tomaron algunos datos de placa para conocer las especificaciones eléctricas. Los equipos censados fueron separados en equipos de cómputo y misceláneos.

Los equipos encontrados se muestran en la Tabla 23. Se consultó al personal que trabaja en oficinas para poder recabar información sobre tiempo de uso que se da a los equipos, así como los días al año que laboran, con el fin de poder estimar el consumo anual.

En el Anexo III. Formatos completos en la sección Sistema de oficina se muestra la tabla completa con elementos característicos encontrados.

Equipo	Cantidad	Potencia total instalada kW	Consumo estimado anual kWh
Equipo de cómputo			
CPU	1	0.55	1,077.50
Monitor	1	0.18	351.36
CPU	1	0.55	1,077.50
Monitor	1	0.18	351.36
Laptop	2	0.13	95.16
Impresora	1	0.05	1.48
CPU	1	0.55	808.13
Monitor	1	0.04	51.24
CPU	2	1.10	1,616.26
Monitor	2	0.36	527.04
CPU	1	0.55	808.13
Monitor	1	0.04	51.24
CPU	2	1.10	1,340.70
Monitor	2	0.36	437.18
Subtotal	19	5.75	8,594.28
Equipos misceláneos			
Cargado de celular	2	0.06	26.90
Teléfono inalámbrico	1	0.001	0.19
Horno microondas	1	1.45	424.56
Horno microondas	1	1.20	351.36
Dispensador agua	1	0.73	341.47
Refrigerador	1	0.18	222.67
Teléfono inalámbrico	1	0.00	0.24
Subtotal	8	3.63	1,367.40
Total	27	9.38	9,961.69

Tabla 23. Resumen de potencia y consumo en el sistema de oficina

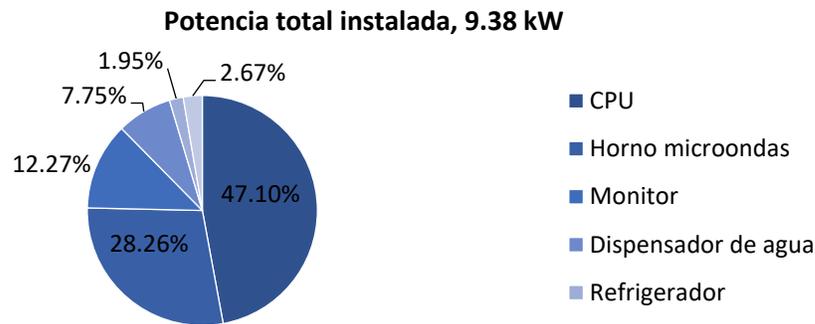
Se registró un total de 19 equipos de cómputo, sumando una potencia instalada de 5.75 kW y un consumo anual estimado de 8,594.28 kWh; por otro lado, se encontraron 8 equipos misceláneos que sumaron 3.63 kW y 1,367.40 kWh anuales.

Agrupando los equipos de cómputo y misceláneos resulta el contenido de la Tabla 24.

Equipo	Cantidad	Potencia total instalada kW	Consumo anual estimado kWh
Equipos de cómputo			
CPU	8	4.42	6,728.22
Monitor	8	1.15	1,769.42
Laptop	2	0.13	95.16
Impresora	1	0.05	1.48
Subtotal	19	5.75	8,594.28
Equipos misceláneos			
Cargador de celular	2	0.06	26.90
Teléfono inalámbrico	2	0.00	0.44
Horno microondas	2	2.65	775.92
Dispensador de agua	1	0.73	341.47
Refrigerador	1	0.18	222.67
Subtotal	8	3.63	1,367.40
Total	27	9.38	9,961.69

Tabla 24. Resumen de potencia y demanda en el sistema de oficinas

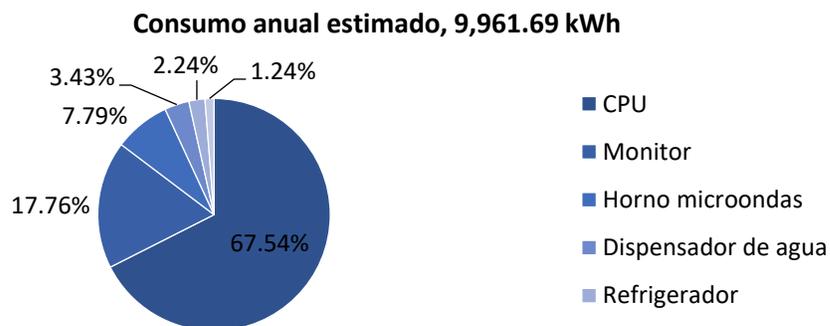
Se registra una mayor cantidad de demanda instalada y consumo eléctrico en equipos de cómputo. La distribución de potencia instalada según los equipos, viene representada en la Gráfica 26.



Gráfica 26. Potencia total instalada por equipos en el sistema de oficinas

Los tres principales equipos en cuanto a potencia instalada corresponden a los CPU con el 28.26% de un total de 9.38 kW, seguido por los hornos de microondas y finalmente los monitores corresponden a un 28.26% y 12.27% respectivamente de la potencia total en el sistema de oficinas.

De igual manera, la Gráfica 27 presenta la distribución de consumo eléctrico anual según los equipos en el sistema de oficinas.



Gráfica 27. Consumo eléctrico anual estimado por equipos en el sistema de oficinas

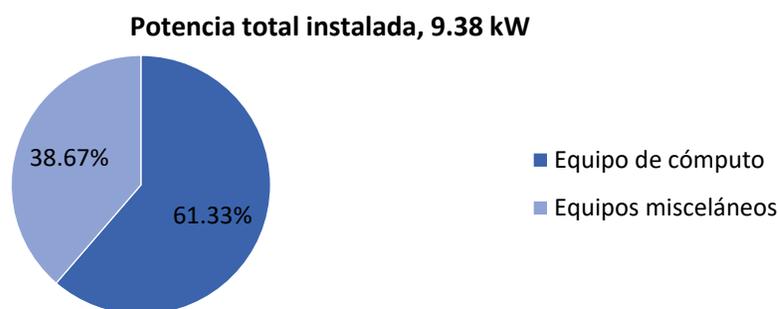
Los tres principales equipos en cuanto a consumo anual estimado corresponden a los CPU con el 67.54% de un total de 9,961.69 kWh, seguido por los monitores y finalmente los hornos de microondas, estos corresponden a un 17.76% y 7.79% respectivamente del consumo total anual en el sistema de oficinas.

Finalmente, la Tabla 25 muestra el resumen de potencia y consumo estimado del sistema de oficinas.

	Potencia total instalada kW	Consumo anual estimado kWh
Equipo de cómputo	5.75	8,594.28
Equipos misceláneos	3.63	1,367.40
Total	9.38	9,961.69

Tabla 25. Resumen de potencia instalada y consumo eléctrico en el sistema de oficinas

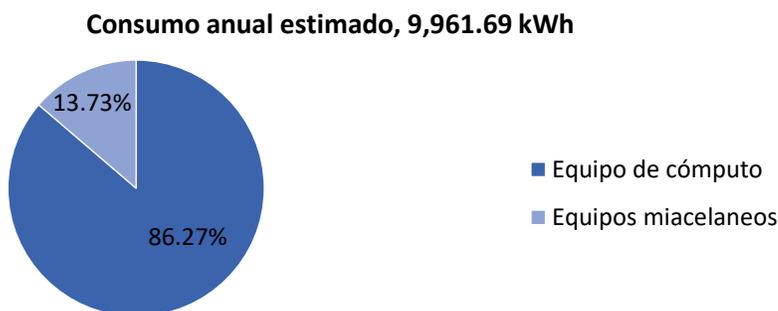
En general, los equipos de cómputo registran la mayor potencia instalada y consumo anual en el sistema de oficinas. El porcentaje de distribución de potencia viene mostrado en la Gráfica 28.



Gráfica 28. Potencia total instalada en el sistema de oficinas

Los equipos de cómputo presentan 5.75 kW corresponden al 61.33% de la potencia total en el sistema de oficinas. Así, los misceláneos con 3.63 kW representan el 38.67%.

En cuanto a consumo eléctrico anual estimado, la Gráfica 29 presenta la distribución por tipo de equipos.



Gráfica 29. Consumo anual estimado en el sistema de oficinas

Los equipos de cómputo corresponden a un consumo total anual de 8,594.28 kWh equivalente al 86% del consumo total en el sistema de oficinas. El 14% restante corresponde a los equipos misceláneos con un consumo anual equivalente a 1,367.40 kWh.

8.2.4. Distribución total de la energía

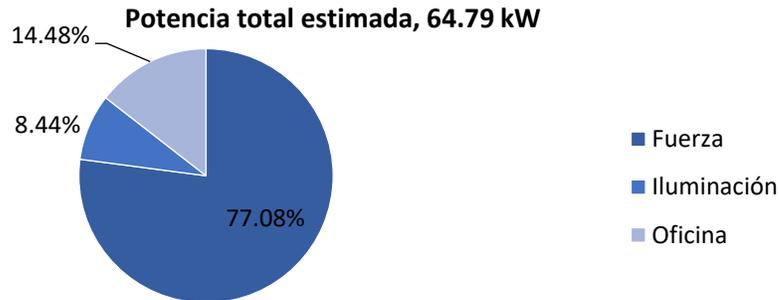
Como se mencionó con anterioridad, la empresa fue dividida en tres importantes sistemas: sistema de fuerza, sistema de iluminación y sistema de oficinas. En cada sistema se obtuvo información sobre potencia instalada y consumo anual, entre otros datos. La información resultante se resume en la Tabla 26. Con el precio medio de energía calculado se pudo estimar el costo por sistema.

Sistema	Potencia total instalada kW	Consumo anual estimado kWh	MXN
Fuerza	49.94	44,672.44	\$ 141,164.91
Iluminación	5.47	11,841.48	\$ 37,419.08
Oficina	9.38	9,961.69	\$ 31,478.94
Total	64.79	66,475.61	\$ 210,062.94

Tabla 26. Distribución total de la energía

Se registró una potencia total instalada de 64.79 kW y un consumo anual de 66,475.61 kWh que corresponde a \$210,062.94.

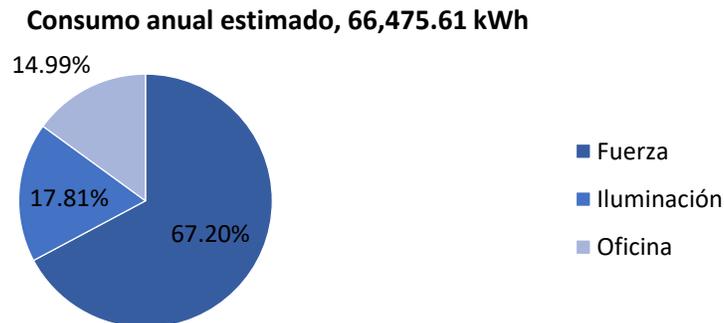
La Gráfica 30 presenta la potencia total instalada en la empresa diagnosticada.



Gráfica 30. Distribución total de potencia instalada

El sistema de fuerza es el más representativo con 49.94 kW, seguido del sistema de oficinas con 9.38 kW y por último el sistema de iluminación con 5.47 kW.

En cuanto a consumo anual, la Gráfica 31 muestra la distribución de los sistemas analizados.



Gráfica 31. Distribución total de consumo anual estimado

Al igual que en potencia instalada, el sistema de fuerza ocupa el primer lugar con 44,672.44 kWh, seguido por el sistema de iluminación con 11,841.48 kWh y por último el sistema de oficinas con 9,961.69 kWh.

En el apartado de facturación se estimó el consumo eléctrico anual, este mismo cálculo también se realizó con información de monitoreo y cuando se analizaron los diferentes sistemas. Estas estimaciones de consumo pueden ser comparadas y se muestran en la Tabla 27.

Consumo anual	kWh
Estimado en los sistemas	66,475.61
Estimado con información de monitoreo	68,983.45
Estimado en facturación	62,160.00

Tabla 27. Comparación de consumo estimado

Si se considera el valor estimado en facturación como el valor de referencia, la diferencia es de apenas 2,507.84 kWh según la estimación mediante monitoreo y de 4,315.61 kWh correspondiente a la estimación por sistemas, esto corresponde a un 6% abajo y un 4% arriba, respectivamente. Se trata de porcentajes aceptables de discrepancia entre estimaciones.

8.3. Indicadores energéticos

La empresa sólo utiliza un energético para el desarrollo de las diversas actividades productivas; la energía eléctrica es utilizada de manera directa e indirecta para el desarrollo de actividades y procesos.

Un indicador energético o indicador de desempeño energético, es un valor o medida que sirve para cuantificar la relación entre el consumo de energía y algún servicio brindado o determinado fin; como lo son la producción, horas de trabajo, iluminación, DPEA, etc.

Los indicadores representan un factor de normalización que posibilita la comparación con históricos propios, como el resultante después de la implementación de las propuestas medidas de ahorro y uso eficiente de la energía o como una forma de comparación con otras empresas. Los indicadores pueden servir para establecer los límites de uso de energía en la empresa, equipo o proceso. Ayudan a entender los hábitos de consumo antes de sugerir cambios y tomar medidas.

- Indicador de desempeño energético en el sistema de fuerza
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de fuerza: 44,672.44 kWh/año
- Indicador de desempeño energético en el sistema de iluminación
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de iluminación por unidad de superficie: 2.86 kWh/m²
 - Densidad de potencia eléctrica en alumbrado: 9.56 W/m²
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de iluminación: 11,841.48 kWh/año
- Indicador de desempeño energético en el sistema de oficinas
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de oficinas: 9,961.69 kWh/año
- Otros indicadores
 - Consumo eléctrico anual por empleado: 645.39 kWh/empleado
 - Consumo eléctrico por superficie de edificio: 16.03 kWh/m²
 - Consumo energético por horas trabajadas: 14.53 kWh/h

El logro de un desempeño energético mejorado es el resultado de la evaluación del desempeño energético actual y del diseño, aplicación y seguimiento a los planes de acción propuestos para la mejor utilización de los recursos.

8.4. Oportunidades de mejora

Se deben llevar a cabo medidas con el objetivo de utilizar la cantidad mínima de energía mientras se mantienen los niveles de confort y los niveles de producción. Se puede reducir el consumo de energía utilizándola de forma más eficiente, invirtiendo en equipo de mayor eficiencia, en la toma de medidas de ahorro energético o simplemente con el cambio de hábitos.

8.4.1. Propuestas baja o nula inversión

8.4.1.1. *Ahorro de energía en el sistema de oficinas*

El consumo energético en equipos de oficina y misceláneos representa el 14.99% del total en la empresa, es un porcentaje considerable del consumo total anual, por lo que medidas de ahorro de energía en este sistema serán importantes en la facturación.

Se recomienda apagar todos los equipos cuando no se estén utilizando. En cuanto a equipos de cómputo, si se trata de una pausa corta de labores es recomendable apagar el monitor. Activar las funciones de ahorro de energía en los equipos que lo dispongan, asegurando que se encuentren bien programadas y desconectar por las noches los equipos que no necesiten funcionar.

En cuanto a misceláneos, se recomienda la utilización de equipos de menor consumo eléctrico. Si se desea adquirir nuevos equipos, comprar productos con Sello FIDE garantiza que los equipos o materiales sean de alta eficiencia energética.

El ahorro de energía en este caso no requiere de un costo de inversión ya que se trata de acciones y hábitos. La recuperación es inmediata, pues se tiene una disminución del consumo eléctrico que se reflejará en la facturación.

8.4.1.2. *Desconexión de suministro eléctrico fuera de horario de producción al Sistema de Fuerza*

En el monitoreo realizado en la acometida se encontró un consumo de energía en horarios no laborales, también se observó que algunos equipos de proceso se encuentran conectados y trabajando aun cuando no se tiene carga.

Es recomendable, siempre que sea posible, desconectar todos los equipos cuando no se estén utilizando en el proceso productivo a excepción de aquellos equipos que sea más conveniente dejar conectados debido al proceso de arranque. Sólo dejar conectados los equipos que requieran de conexión aún en horarios no laborales.

Llevando a cabo estas acciones se tendrá una disminución del consumo de energía fuera del proceso productivo. Menor consumo de la energía eléctrica refleja menor costo de facturación por el servicio eléctrico, como se trata de un sistema importante en cuanto a consumo eléctrico, más atención en el ahorro de energía se debe tener.

8.4.1.3. *Mantenimiento preventivo y sustitución de luminarias descompuestas en el Sistema de Iluminación*

Actualmente, la empresa no se cuenta con programa de mantenimiento para el Sistema de Iluminación. Se encontraron 60 luminarios, algunas sin lámparas o con lámparas descompuestas y con presencia de acumulación de polvo, principalmente en el área de talleres. La acumulación de polvo tiene como consecuencia una baja en los niveles de iluminación.

Se recomienda comenzar un programa de mantenimiento que contemple la limpieza de lámparas y luminarias, así como el estado y reposición de lámparas. El intervalo de realización de limpieza en el sistema de iluminación depende del tipo de luminaria y del grado de acumulación de polvo, en este caso, se recomienda limpieza semestral y reposición inmediata de lámparas o luminarias descompuestas.

Las luminarias con las que cuenta actualmente el sistema de iluminación son de eficiencia baja, es recomendable reemplazar las lámparas que actualmente no funcionan y las próximas que se dañen, por lámparas de tecnología con mayor eficiencia como las de tipo LED.

Al seguir las recomendaciones se podrán mejorar los niveles de iluminación actuales, sin aumentar la densidad de potencia eléctrica por alumbrado.

8.4.2. Propuestas de mediana inversión

8.4.2.1. *Sustitución del sistema de iluminación actual por uno de mayor eficiencia*

El sistema de iluminación de la empresa diagnosticada está conformado por tecnologías antiguas. En planta se encontraron lámparas fluorescentes de tubo T12 y tubo T8, lámparas consideradas obsoletas y de una eficiencia baja.

Tras las mediciones realizadas en cuanto al sistema de iluminación se encontró que algunas áreas exceden los niveles máximos de densidad de potencia eléctrica por alumbrado determinados por norma. Así también, los niveles de iluminación medidos en la mayoría de las áreas de la empresa, estaban por debajo de los niveles recomendados por norma, o sobrepasaban los niveles máximos de reflectancia en paredes y plano de trabajo.

Por ser tecnologías obsoletas se dificulta la adquisición de reemplazos en el mercado, además del consumo adicional de energía que tienen con respecto a tecnologías más recientes.

8.4.2.2. *Instalación de banco de capacitores*

La empresa diagnosticada presenta un bajo factor de potencia, en promedio mensual de 80% que coincide en facturación y monitoreo, esto provoca económicamente un recargo en la facturación eléctrica de \$13,709.07 anuales aproximadamente.

El nivel de factor de potencia bajo se debe a que gran parte de la maquinaria utilizada en la empresa funciona con motores de inducción. Los motores de inducción consumen gran cantidad de potencia reactiva. El factor de potencia por debajo del 90% significa energía desperdiciada por los equipos y en consecuencia un incremento en el importe de facturación. De acuerdo al comportamiento del factor de potencia se aplica una penalización anteriormente vista.

Ya que el bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva, que algunos equipos requieren para su funcionamiento, es recomendable compensar este consumo reactivo mediante bancos de capacitores. Para la corrección del factor de potencia se recomienda la instalación de capacitores de potencia, ya que; debido a su bajo costo, fácil instalación, pérdidas insignificantes, mantenimiento casi nulo y la gran cantidad de combinaciones en que se pueden ensamblar la hacen una de las prácticas más económicas para mejorar el factor de potencia.

Tomando en cuenta el total de potencia instalada y asegurando que exista en todo momento un factor de potencia que permita la bonificación, se recomienda que la instalación del banco de capacitores por lo menos, logre obtener un factor de potencia de 95%.

8.4.3. Buenas prácticas

Control de la demanda. Por la forma en que trabajan los equipos de fuerza, se recomienda en la medida de lo posible y sin llegar a afectar las actividades de producción, sacar de coincidencia el uso de algunos equipos, con la finalidad de evitar picos instantáneos de demanda de energía eléctrica, que solo contribuyen a un aumento en el costo de éste energético.

Sistema de iluminación. Se recomienda dar limpieza a luminarios por lo menos cada año en áreas de oficina y cada seis meses en la planta de producción, en virtud de que el polvo disminuye la luz entregada por las lámparas. Sustituir lo más rápido posible las lámparas que han terminado su vida útil, para conservar los niveles mínimos de iluminación requeridos.

Aprovechar la iluminación natural, mediante el uso de láminas translúcidas o ventanales, en los techos de las naves. Así como dar mantenimiento preventivo y limpieza a estos para aumentar los niveles de iluminación.

Utilizar sistemas de iluminación fotovoltaicos: como una alternativa ecológica. Aprovechando los incentivos que el Gobierno Federal ha dispuesto con la finalidad de promover el aprovechamiento de energías renovables por medios que no causen un impacto negativo en el medio ambiente.

Sistema de fuerza. Contar con un plan de mantenimiento, de los diferentes equipos para alargar su vida útil y obtener la máxima eficiencia. En caso de reemplazar algún equipo, se recomienda usar equipos de alta eficiencia o eficiencia Premium. De ser posible, desconectar los equipos que no se utilicen durante el proceso productivo.

Revisar la tubería de aire del compresor y comprobar que no existan fugas, pues estas activan el encendido automático del compresor.

Motores. En los equipos de fuerza, especialmente en aquellos que tienen motores se recomienda en el caso de compra o sustitución utilizar motores de alta eficiencia o eficiencia Premium con la finalidad de no incrementar el problema del bajo factor de potencia. Se recomienda no utilizar motores reembobinados.

Mantenimiento a la acometida. Es muy importante realizar un mantenimiento preventivo en la acometida eléctrica, pues el estado de esta es malo. Tener un orden y protección en los conductores es recomendable.

Reporte de producción mensual. Realizar un correcto reporte de producción mensual para poder ser comparado con la facturación eléctrica y así obtener indicadores energéticos que permitan la auto comparación en diferentes años o después de implementar mejoras a los equipos, sistemas o empresa en general.

9. Resultados esperados

Si se llegarán a implementar las acciones propuestas para el ahorro y uso eficiente de la energía, el resultado en cuanto a consumo eléctrico, facturación eléctrica y ahorro monetario, se tendrían los siguientes resultados:

9.1. Sistema de fuerza

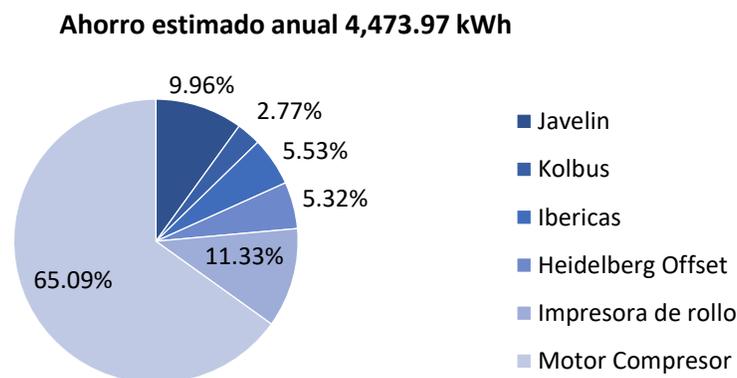
Se estimó la energía desperdiciada por algunos de los equipos conectados fuera del proceso productivo, para este cálculo se consideró que los motores trabajaban a una eficiencia máxima de 75%, y así con ayuda de las curvas de desempeño de cada motor se determinó la potencia provista en porcentaje de la nominal para cada equipo representativo consumidor de energía. En el caso del motor del compresor se utilizaron los datos de demanda y consumo eléctricos monitoreados fuera del horario laboral.

Con los datos anteriores y el costo ponderado de la energía se pudo estimar el ahorro monetario, los resultados se muestran en la Tabla 28.

Equipo	Potencia perdida kW	Consumo estimado anual kWh	Ahorro monetario MXN
Javelin	0.29	445.50	\$ 1,407.78
Kolbus	0.17	123.77	\$ 391.10
Ibericas	0.17	247.53	\$ 782.21
Heidelberg Offset	0.26	238.01	\$ 752.12
Impresora de rollo	0.40	506.94	\$ 1,601.93
Motor Compresor	1.98	2,912.22	\$ 9,202.62
Total	3.27	4,473.97	\$ 14,137.75

Tabla 28. Ahorro energético de baja o nula inversión en el sistema de fuerza

Según las estimaciones, se podría llegar a ahorrar hasta 4,473.97 kWh anuales en el sistema de fuerza, correspondientes a \$14,137.75.



Gráfica 32. Ahorro energético anual estimado por equipo en el sistema de fuerza

Quien presenta mayor ahorro es el motor del compresor, seguido de la impresora de rollo. Juntos suman aproximadamente el 77% del ahorro total estimado.

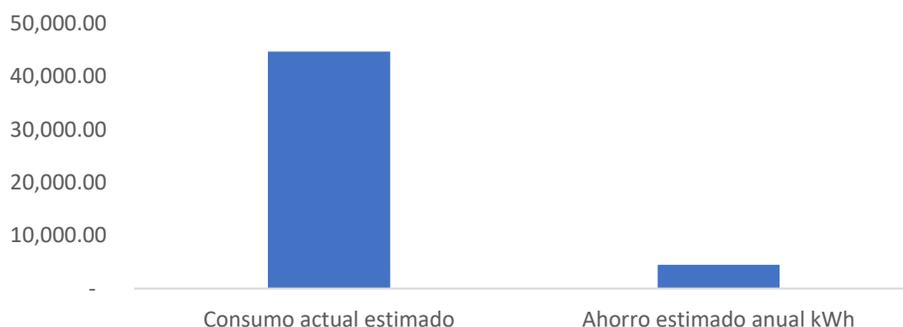
Para comparar los resultados energéticos actuales con el ahorro posible, la Tabla 29 muestra los valores de consumo eléctrico y el porcentaje que este representa del total.

	kWh	%
Consumo actual estimado	44,672.44	100.00%
Ahorro energético estimado	4,473.97	10.02%

Tabla 29. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de fuerza

La Gráfica 33 muestra la energía consumida actualmente con la energía que según la estimación se podría ahorrar, se trata del 10.02 % del total anual en el sistema de fuerza.

Ahorro energético anual con respecto al consumo actual en sistema de fuerza



Gráfica 33. Ahorro estimado del consumo actual en el sistema de fuerza

Finalmente, se tendrá el nuevo consumo estimado anual en el sistema de fuerza que está mostrado en la Tabla 30.

Consumo actual estimado kWh	Ahorro estimado kWh	Ahorro monetario MXN	Nuevo consumo kWh	Nuevo costo por consumo en sistema de fuerza MXN
44,672.44	4,473.97	14,137.75	40,198.47	\$ 127,027.16

Tabla 30. Estimación de nuevo consumo energético y costo por consumo en sistema de fuerza

Tras las mejoras el nuevo consumo estimado anual en el sistema de fuerza será de 40,198.47 kWh que corresponden a \$127,027.16.

9.2. Sistema de iluminación

9.2.1. Mantenimiento preventivo y sustitución de lámparas

A continuación, se muestra en la Tabla 31 los costos estimados que resultarían de seguir las recomendaciones antes mencionadas, la limpieza de luminarias se repetirá según se requiera. El reemplazo de luminarias es necesario si se desean mantener los niveles de iluminación.

Acción	Costo por unidad	Cantidad	Costo total
Programa de mantenimiento			
Limpieza de luminarios	\$ 50.00	60	\$ 3,000.00
Reposición de lámparas dañadas por lámparas de tecnología LED			
Reemplazo por Tubo T8 LED 14W	\$ 230.00	17	\$ 3,910.00
Total			\$ 6,910.00

Tabla 31. Estimación de costo por mantenimiento al sistema de iluminación

El mantenimiento no implica como tal un costo de recuperación, ya que la realización de éste tiene como objetivo mejorar las condiciones de iluminación con las tecnologías actuales y prolongar la vida útil de las luminarias. Se presenta una oportunidad de ahorro de energía debido a la sustitución de tecnologías actuales por tecnologías de tipo LED siendo de eficiencia mayor.

La nave industrial cuenta con la presencia de láminas traslucidas en el techo, permitiendo el paso de luz natural como fuente de iluminación. Al ser la única fuente de luz extra que aporta un aumento en los niveles de iluminación, se recomienda dar mantenimiento y la limpieza necesaria a las láminas traslucidas.

9.2.2. Sustitución de sistema de iluminación a uno más eficiente

Para estimar un ahorro energético en este sistema, se propuso un cambio de tecnología realizando cálculos de ahorro con dos posibles tecnologías: tubo fluorescente T5 de 32W y tubo LED T8 de 14W.

Para simular los posibles resultados de densidad de potencia eléctrica en alumbrado y niveles de iluminación se utilizó el software de apoyo "Visual Lighting 2017".

A continuación, la Ilustración 8 muestra un ejemplo de la simulación que se efectuó en cada área.

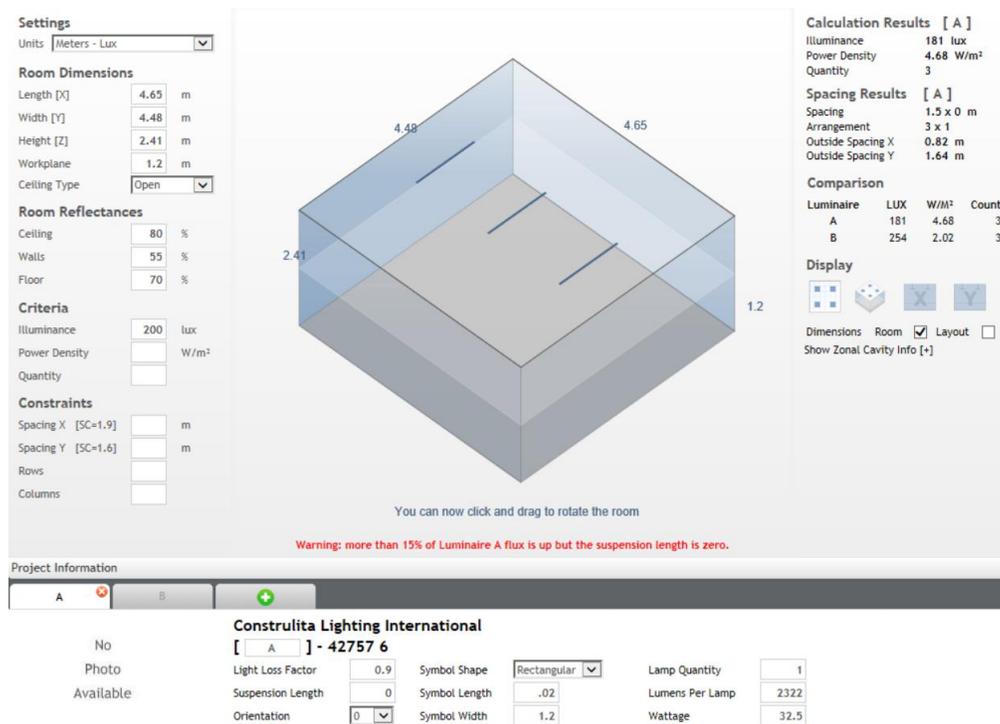


Ilustración 8. Ejemplo de simulación de iluminación en almacén con software "Visual Lighting 2017"

Para el diseño de iluminación se requirieron datos de entrada como:

- Dimensiones del área a simular; largo, ancho, altura, altura de plano de trabajo
- Porcentaje de reflexión en techo, paredes y piso. Los porcentajes se asignaron de acuerdo al color del área registrado en el levantamiento de datos, para colores blanco o muy claro se consideró el 80%, para colores claros el 70%, en cuanto a colores medio correspondían al 55% y finalmente a colores oscuros se asignó el 35%.

- Nivel de iluminación recomendado por norma, dependiendo del área en que se trabaja o la actividad a realizar.
- Selección de luminaria. Un archivo tipo .IES con características de curva fotométrica de cada luminaria de elección (representación gráfica del comportamiento de la luz) y sus características técnicas.
- Elección de orientación, longitud de suspensión y factor de pérdida de luz. Según desee la colocación de las luminarias se cambia la orientación y la longitud de suspensión, además se elige un factor de pérdida de luz del 0.9 al considerar que una pequeña capa de polvo cubre las lámparas.

Finalmente, el Software arroja como resultados un esquema de distribución de las luminarias en el área de análisis, la iluminación estimada y la densidad de potencia en alumbrado. También características sobre el espaciamiento entre luminarias.

9.2.2.1. Tecnología tubo fluorescente T5

La posible sustitución por lámparas fluorescentes T5 proyectó los resultados en la Tabla 32, además de la sustitución de lámparas también se necesita la sustitución de balastos y una nueva distribución de las luminarias.

Área	Lámparas necesarias	Balastos 2x28 W	Balastos 1x28 W	Potencia total de lámparas kW
Almacén 1	3	1	1	0.09
Almacén 2	9	4	1	0.28
Comedor	8	4	0	0.25
Gerencia de producción	6	3	0	0.19
Impresión	28	14	0	0.87
Inspección	12	6	0	0.37
Javelin	24	12	1	0.78
Pantallas	15	7	1	0.47
Recibo materia prima	9	4	1	0.28
Recursos humanos	8	4	0	0.25
Suaje y laminado	18	9	0	0.56
Total	140	68	5	4.38

Tabla 32. Sustitución de tecnología actual por tubo fluorescente T5

La simulación calculó las lámparas necesarias para la sustitución, se calcularon los balastos necesarios en cada área y se estimó la potencia total instalada en el nuevo sistema de iluminación.

La Tabla 33 muestra un resumen de sustitución de tecnología, el consumo se estimó de acuerdo a los registros de horarios de uso en el sistema de iluminación actual.

Tecnología	Cantidad de lámparas	Cantidad de balastos	Potencia estimada kW	Consumo estimado kWh
F T5 32W	140	73	4.38	10,026.29

Tabla 33. Resumen sustitución de tecnología actual por fluorescente T5

Según las simulaciones y tomando en cuenta la distribución de luminarias, se necesita un total de 140 lámparas y 73 balastos, estimando una potencia instalada de 4.38 kW en el nuevo sistema de iluminación.

En cuanto a los niveles de DPEA, los resultados estimados se muestran en la Tabla 34. Se especifica la tecnología propuesta en cada área, la superficie medida en el levantamiento de datos, la potencia estimada total de las luminarias y la comparación de DPEA por norma.

Área	Tecnología propuesta	Potencia total de luminarias kW	Superficie m ²	DPEA estimado W/ m ²	DPEA Recomendado W/ m ²	Cumple con la NOM-007-SENER
Almacén 1	F T5 2x28W	0.06	20.83	4.51	10.00	Sí
	F T5 1x28W	0.03				
Almacén 2	F T5 2x28W	0.25	46.39	6.04	10.00	Sí
	F T5 1x28W	0.03				
Comedor	F T5 2x28W	0.19	30.36	6.13	10.66	Sí
Gerencia producción	F T5 2x28W	0.19	20.84	8.93	12.00	Sí
Impresión	F T5 2x28W	0.74	103.40	7.50	15.00	Sí
	F T5 2x28W	0.03				
Inspección	F T5 2x28W	0.37	47.81	7.78	15.00	Sí
Javelin	F T5 2x28W	0.62	66.55	9.80	15.00	Sí
	F T5 1x28W	0.03				
Pantallas	F T5 2x28W	0.37	58.06	6.41	15.00	Sí
Recibo materia prima	F T5 2x28W	0.25	49.84	5.62	10.00	Sí
	F T5 2x28W	0.03				
Recursos humanos	F T5 2x28W	0.25	27.11	9.15	12.00	Sí
Suaje y laminado	F T5 2x28W	0.43	101.18	4.61	15.00	Sí
	F T5 2x28W	0.03				

Tabla 34. DPEA estimada por sustitución a tecnología fluorescente T5

Según las simulaciones y cálculos, en todas las áreas del nuevo sistema de iluminación los niveles de DPEA se encuentran por debajo de los establecidos por norma. Con la tecnología actual que se tiene en el sistema esta norma no se cumple.

En cuanto a niveles mínimos de iluminación para cada área, la Tabla 35 muestra los niveles de iluminación resultantes de la simulación por cambio de tecnología.

Área	Tecnología propuesta	Niveles de iluminación simulados lx	Niveles de iluminación mínimos recomendados lx	Cumple con la NOM-025-STPS-2008
Almacén 1	F T5 2x28W	181	200	No
	F T5 1x28W			
Almacén 2	F T5 2x28W	240	200	Sí
	F T5 1x28W			
Comedor	F T5 2x28W	338	300	Sí
Gerencia Producción	F T5 2x28W	333	300	Sí
Impresión	F T5 2x28W	317	300	Sí
	F T5 2x28W			
Inspección	F T5 2x28W	300	300	Sí
Javelin	F T5 2x28W	304	300	Sí
	F T5 1x28W			
Pantallas	F T5 2x28W	327	300	Sí
Recibo materia prima	F T5 2x28W	202	200	Sí
	F T5 2x28W			
Recursos humanos	F T5 2x28W	328	300	Sí
Suaje y laminado	F T5 2x28W	303	300	Sí
	F T5 2x28W			

Tabla 35. Iluminación estimada por sustitución a tecnología fluorescente T5

A excepción del área de Almacén 1, todas las demás áreas cumplen con la norma. Para hacer cumplir los niveles de iluminación en el área de Almacén 1, se recomienda implementar una distribución especial de luminarias que alumbren mayormente en pasillos, cambio de colores de techo, paredes o suelo a colores más claros que reflejen la iluminación.

Con la información anterior se puede hacer la estimación del ahorro energético por cambio de tecnología. La Tabla 36 muestra los ahorros en demanda y consumo, así como el ahorro económico a partir del precio medio de la energía calculado en la facturación eléctrica.

Ahorro anual por sustitución de tecnología		
Ahorro en consumo de energía	1,815.19	kWh
Ahorro en demanda de energía	1.10	kW
Ahorro económico anual por consumo de energía	5,736.00	MXN

Tabla 36. Ahorro energético por sustitución a Fluorescente T5

El consumo nuevo se reduciría de 11,841.48 kWh a 10,026.29 kWh, un ahorro de 1,815.19 kWh. Aunque exista disminución energética con el cambio de tecnología, el ahorro no es representativo.

Los resultados completos de las simulaciones se encuentran en el Anexo III. Formatos completos.

De acuerdo a precios consultados en mercado y algunas cotizaciones, se presenta en la Tabla 37 el costo por sustitución de tecnología en el sistema de iluminación.

Evaluación económica			
<i>Inversión nuevo proyecto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo U</i>	<i>Subtotal</i>
Lámpara Fluorescente T5	140	\$ 140.00	\$ 19,600.00
Balastro para Lámpara Fluorescente T5	73	\$ 470.00	\$ 34,310.00
Costo de tecnología nueva			\$ 53,910.00
Costo de instalación ¹³			\$ 14,000.00
Costo total de inversión			\$ 67,910.00
Costo de limpieza al año ¹⁴			\$7,000.00
Tasa de financiamiento	6%		
Vida útil de las nuevas lámparas	10	años	
Periodo simple de inversión (PSI):	11.8	años	
Relación Beneficio/Costo (B/C):	0.39	No es rentable	

Tabla 37. Costo por sustitución a tecnología fluorescente T5

El costo total para el cambio de tecnología involucra el costo de inversión sumando el costo de instalación y el costo de mantenimiento durante la vida útil de las nuevas lámparas, como resultando el costo total es de \$130,910.00 durante un periodo de 10 años. El periodo simple de inversión es calculado al dividir el costo de inversión con el ahorro económico estimado al año, resulta un periodo de 11.8 años para recuperar la inversión. Se trata de un periodo de tiempo superior si es comparado con la vida útil de las lámparas.

Finalmente se obtuvo la relación beneficio-costos, dividiendo el beneficio económico por ahorro de energía resultante de sumar 10 entre el costo total por cambio de tecnología. El resultado es menor a la unidad, por lo tanto, se trata de una inversión no rentable.

9.2.2.2. Tecnología tubo LED T8

Se eligió el estudio de dos tecnologías para poder hacer la comparación de beneficio y costo. La tecnología LED es de mayor eficiencia que la actual y es muy popular su uso. La simulación de

¹³ Estimación de 4 lámparas instaladas por hora. Con un costo de \$400 por hora.

¹⁴ Estimación de \$50 por lámpara

sustitución por lámparas LED T8 arrojó los resultados mostrados en la Tabla 38, a diferencia de las lámparas fluorescentes, las lámparas LED tienen balastro ya integrado.

Área	Lámparas necesarias	Potencia total de lámparas kW
Almacén 1	3	0.04
Almacén 2	6	0.08
Comedor	6	0.08
Gerencia de producción	4	0.06
Impresión	18	0.25
Inspección	9	0.13
Javelin	15	0.21
Pantallas	9	0.13
Recibo materia prima	6	0.08
Recursos humanos	5	0.07
Suaje y laminado	12	0.17
Costo total de tecnología	93	1.30

Tabla 38. Sustitución de tecnología actual por tubo LED T8

La Tabla 39 muestra un resumen de sustitución de tecnología, el consumo se estimó de acuerdo a los registros de horarios de uso en el sistema de iluminación proporcionado por el personal de la empresa. Según las simulaciones y tomando en cuenta la distribución de luminarias, se necesita un total de 93 lámparas estimando una potencia instalada de 1.30 kW.

Tecnología	Cantidad	Potencia estimada kW	Consumo estimado kWh
LED T8 14W	93	1.30	2,985.58

Tabla 39. Resumen sustitución de tecnología actual por tubo LED T8

En cuanto a los niveles de densidad de potencia eléctrica en alumbrado, los datos resultantes de la estimación se muestran en la Tabla 40. Se utilizó como dato la superficie medida en cada área durante el levantamiento de datos, la potencia estimada total de las luminarias y la comparación de DPEA por norma.

Área	Tecnología propuesta	Potencia total de luminarias kW	Superficie [m ²]	DPEA estimado [W/m ²]	DPEA Recomendado [W/m ²]	Cumple con la NOM-007-SENER
Almacén 1	LED T8 14W	0.03	20.83	1.34	10.00	Sí
Almacén 2	LED T8 14W	0.08	46.39	1.81	10.00	Sí
Comedor	LED T8 14W	0.08	30.36	2.77	10.66	Sí
Gerencia Producción	LED T8 14W	0.06	20.84	2.69	12.00	Sí
Impresión	LED T8 14W	0.22	103.40	2.17	15.00	Sí
Inspección	LED T8 14W	0.13	47.81	2.64	15.00	Sí
Javelin	LED T8 14W	0.21	66.55	3.16	15.00	Sí
Pantallas	LED T8 14W	0.13	58.06	2.17	15.00	Sí
Recibo materia prima	LED T8 14W	0.08	49.84	1.69	10.00	Sí
Recursos humanos	LED T8 14W	0.07	27.11	2.58	12.00	Sí
Suaje y laminado	LED T8 14W	0.17	101.18	1.66	15.00	Sí

Tabla 40. DPEA estimada por sustitución a tecnología LED T8

Como se puede ver en la tabla, todas las áreas cumplen con la norma, pues los niveles de DPEA se encuentran por debajo de los establecidos. Con la tecnología actual que se tiene en el sistema esta norma no llega a cumplirse.

En cuanto a niveles mínimos de iluminación, la Tabla 41 muestra las estimaciones resultantes debido al posible cambio de tecnología.

Área	Tecnología propuesta	Niveles de iluminación estimados lx	Niveles de iluminación mínimos recomendados lx	Cumple con la NOM-025-STPS-2008
Almacén 1	LED T8 14W	254	200	Sí
Almacén 2	LED T8 14W	228	200	Sí
Comedor	LED T8 14W	350	300	Sí
Gerencia Producción	LED T8 14W	315	300	Sí
Impresión	LED T8 14W	301	300	Sí
Inspección	LED T8 14W	329	300	Sí
Javelin	LED T8 14W	300	300	Sí
Pantallas	LED T8 14W	286	300	No
Recibo materia prima	LED T8 14W	203	200	Sí
Recursos humanos	LED T8 14W	291	300	No
Suaje y laminado	LED T8 14W	281	300	No

Tabla 41. Iluminación estimada por sustitución a tecnología LED T8

Se observa que en tres áreas no se cumplen los niveles mínimos de iluminación, sin embargo, si se aumenta el número de lámparas tiene que ser acorde a la distribución de luminarias. Como no son muchos los luxes faltantes, se recomienda una distribución enfocada al plano de trabajo como lo son las mesas o escritorios. Otra opción puede ser cambiar el color de techo, paredes o suela a tonos más claros que permitan la reflexión de la luz.

La Tabla 42 muestra los ahorros en demanda y consumo, así como el ahorro económico a partir del precio medio de la energía que fue calculado en la sección de facturación eléctrica.

Ahorro anual por sustitución de energía	
Ahorro en consumo de energía	8,855.90 kWh
Ahorro en demanda de energía	4.17 kW
Ahorro por consumo de energía	27,984.65 MXN

Tabla 42. Ahorro energético por sustitución a LED T8

A diferencia del cambio de tecnología a fluorescente T5, con la tecnología LED T8 existe un mayor ahorro de energía. De 11,841.48 kWh baja a 2,985.58 kWh, un ahorro de 8,855.90 kWh anuales, correspondiente a \$27,984.65 al año.

Los resultados completos de las simulaciones se encuentran en el Anexo III. Formatos completos.

Se hizo una serie de consulta de precios en el mercado y algunas cotizaciones a empresas especializadas en iluminación, con la información obtenida se pudo estimar el costo por sustitución de tecnología en el sistema de iluminación presentado en la Tabla 43.

Evaluación económica			
<i>Inversión nuevo proyecto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo U</i>	<i>Subtotal</i>
LED T8	93	\$ 230.00	\$ 21,390.00
Costo de tecnología nueva			\$ 21,390.00
Costo de instalación ¹⁵			\$ 3,208.50
Costo total de inversión			\$ 24,598.50
Costo de limpieza al año ¹⁶			\$1,283.40
Tasa de financiamiento	6%		
Vida útil de las nuevas lámparas	14	años	
Periodo simple de inversión (PSI):	0.9	años	
Relación Beneficio/Costo (B/C):	8.81	El proyecto es rentable	

Tabla 43. Costo por sustitución a tecnología LED T8

El costo total para el cambio de tecnología involucrando la inversión, instalación y mantenimiento durante la vida útil de las nuevas lámparas es de \$41,282.00 durante un periodo de 14 años, en comparación con la tecnología fluorescente T5 es más barata la tecnología LED T8, además de tener una vida útil mayor.

El periodo simple de inversión calculado resultó de 0.9 años, menos de un año es el necesario para para recuperar la inversión. Se trata de un periodo de tiempo agradable si es comparado con la vida útil de las lámparas. Por último, se obtuvo la relación beneficio-costos: el resultado fue de 8.81, una relación mayor a la unidad es considerada una inversión rentable.

	kWh	%
Consumo actual estimado	11,841.48	100.00%
Ahorro energético estimado	8,855.90	74.79%

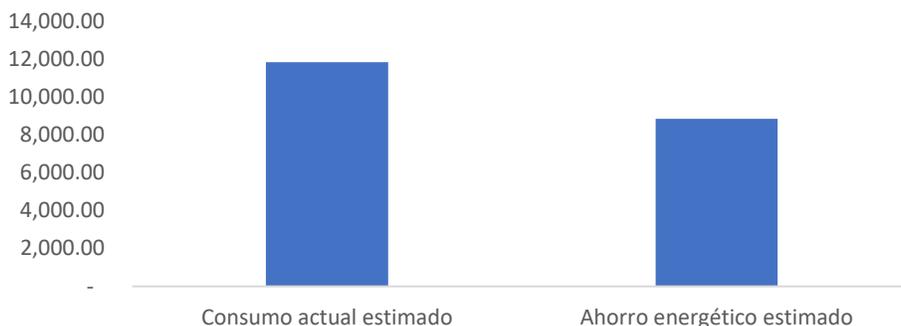
Tabla 44. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de iluminación

De manera ilustrativa, la Gráfica 34 compara la energía consumida con la energía que según la estimación se podría ahorrar.

¹⁵ Estimación de 4 lámparas instaladas por hora. Con un costo de \$400 por hora.

¹⁶ Estimación de \$50 por lámpara.

Ahorro energético anual con respecto al consumo actual en sistema de iluminación



Gráfica 34. Consumo eléctrico anual, actual y nuevo según la estimación en el sistema de iluminación

Finalmente, el consumo y costo por consumo anual en el nuevo sistema de iluminación está representado en la Tabla 45.

Consumo actual estimado kWh	Ahorro estimado kWh	Ahorro monetario MXN	Nuevo consumo kWh	Nuevo por consumo en sistema de iluminación MXN
11,841.48	8,855.90	2,802.50	2,985.58	9,434.42

Tabla 45. Estimación de consumo energético y costo por consumo en el nuevo sistema de iluminación.

Haciendo comparación entre las dos tecnologías propuestas para sustitución en el sistema de iluminación, la LED T8 fue la de mejores resultados y beneficios. Por lo tanto, los ahorros estimados se calcularán con base en las simulaciones con tecnología LED T8.

9.3. Sistema de oficinas

Para la estimación del ahorro energético y económico en equipos de oficina, se consideró el costo ponderado de energía y un porcentaje equivalente al 5% del consumo total estimado por concepto de activación de función "ahorro de energía" y el 6% por desconexión de equipos fuera de horario laboral.

La función ahorro de energía se aplicó a los equipos de cómputo, se trata de una función que se puede activar en cuestión de minutos desde los ajustes de los equipos. Y de aplicarse correctamente no genera problemas o incomodidad con los usuarios.

Equipo	Consumo estimado anual kWh	Ahorro energético anual kWh	Ahorro por facturación eléctrica MXN
CPU	6,728.22	403.69	\$ 1,275.67
Monitor	1,769.42	106.17	\$ 335.48
Laptop	95.16	5.71	\$ 18.04
Total		515.57	\$ 1,629.20

Tabla 46. Ahorro por activación de función "ahorro de energía"

La Tabla 46 muestra los ahorros por activación de ahorro de energía en equipos de cómputo, se estima un total de 515.57 kWh anuales correspondientes a \$1,629.20, el mayor ahorro energético y por lo tanto económico resulta de los PC, seguido de los monitores y por último de las laptops. Mientras se pueda y sea cómodo es recomendable bajar el brillo de pantallas y monitores.

Equipo	Consumo estimado anual [kWh]	Ahorro energético anual [kWh]	Ahorro por facturación eléctrica [MXN]
CPU	6,728.22	336.41	\$ 1,063.06

Monitor	1,769.42	88.47	\$	279.57
Laptop	95.16	4.76	\$	15.04
Impresora	1.48	0.07	\$	0.23
Cargador de celular	26.90	1.35	\$	4.25
Horno microondas	775.92	38.80	\$	122.60
Total		469.86	\$	1,484.74

Tabla 47. Ahorro por desconexión de equipos fuera de horario laboral

La información contenida en la Tabla 47 presenta el ahorro energético y económico por desconexión de equipos fuera de horarios laborales, se estima un ahorro total anual de 469.86 kWh correspondientes a \$1,484.74, de igual manera, los CPU son los que presentan mayor ahorro, seguidos de los monitores y horno de microondas. Las laptop, impresoras y cargadores de celular tienen ahorros de menor magnitud.

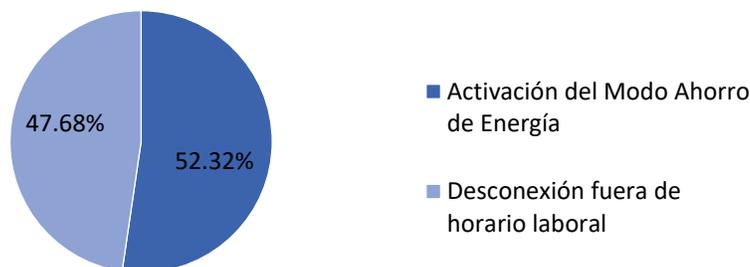
La Tabla 48 muestra el resumen de ahorro energético y económico anual en el sistema de oficinas.

Acción	Ahorro	
	kWh	MXN
Activación del Modo Ahorro de Energía	515.57	\$ 1,629.20
Desconexión fuera de horario laboral	469.86	\$ 1,484.74
Total	985.42	\$ 3,113.94

Tabla 48. Ahorro energético de nula inversión en el sistema de oficinas

De manera demostrativa se tiene la Gráfica 35.

Ahorro energético y económico en sistema de oficinas



Gráfica 35. Ahorro energético y económico en el sistema de oficinas

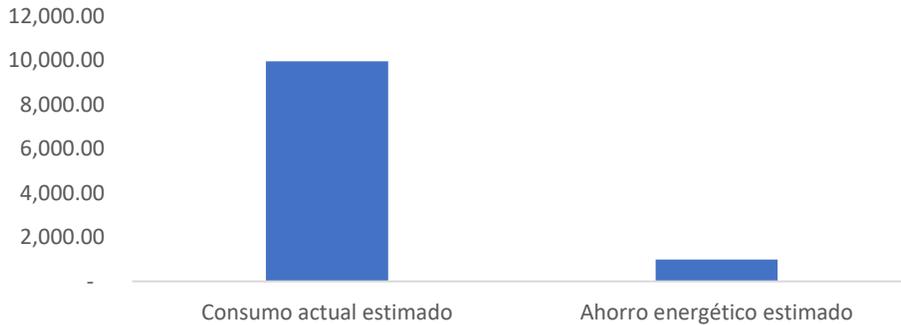
La disminución del consumo de energía refleja una disminución en el costo por facturación eléctrica. Se estima que el ahorro total anual sería de 985.42 kWh correspondientes a \$3,113.94. Para misceláneos específicos como el refrigerador, es conveniente dejarlo encendido todo el día ya que el consumo inicial que requiere para enfriar su interior es mucho mayor que cuando se activa por periodos cortos. En cuanto a los dispensadores de agua es recomendable ajustar la temperatura a valores agradables y no extremos fríos o calientes.

	kWh	%
Consumo actual estimado	9,961.69	100.00%
Ahorro energético estimado	985.42	9.89%

Tabla 49. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de oficinas

La Gráfica 36 compara la energía consumida con la energía que según la estimación se podría ahorrar, aproximadamente el 9.89 % del total en el sistema de oficinas.

Ahorro energético anual con respecto al consumo actual en sistema de oficinas



Gráfica 36. Ahorro estimado del consumo actual en el sistema de oficinas

Así, la Tabla 50 muestra el nuevo consumo y costo por consumo anual resultante debido al ahorro de energía en el sistema de oficinas.

Consumo actual estimado kWh	Ahorro estimado kWh	Ahorro monetario MXN	Nuevo consumo kWh	Nuevo costo por consumo en sistema de oficinas MXN
9,961.69	985.42	3,113.94	8,976.26	28,364.99

Tabla 50. Estimación de consumo energético y costo por consumo en el sistema de oficinas

9.4. Instalación de banco de capacitores

El dimensionamiento del banco de capacitores propuesto, se estimó con base en los resultados calculados por la herramienta del programa de Proyectos de Ahorro de Energía. Se trata de una hoja de cálculo que, introduciendo información de facturación eléctrica mensual de un año completo, calcula la carga reactiva fija y reactiva total para alcanzar el factor de potencia que se desee. De esta forma, se llegó a la necesidad de 19.20 kVAr de potencia reactiva en el arreglo de capacitores para alcanzar un factor de potencia mínimo del 95%. Se recomienda la instalación de un banco de capacitores automático de 20 kVAr.

La Tabla 51 muestra la comparación mensual entre facturación actual y la estimada tras la instalación del banco de capacitores.

	Mes	FP actual		FP 95%	
		Cargo por FP	Costo por servicio eléctrico	Cargo por FP	Costo por servicio eléctrico
2016	Agosto	\$ 1,111.56	\$ 15,048.20	-\$ 183.38	\$ 13,753.26
	Septiembre	\$ 855.22	\$ 15,750.90	-\$ 196.00	\$ 14,699.68
	Octubre	\$ 1,101.47	\$ 14,507.47	-\$ 176.39	\$ 13,229.61
	Noviembre	\$ 1,000.55	\$ 15,771.35	-\$ 194.35	\$ 14,576.45
	Diciembre	\$ 847.41	\$ 15,166.61	-\$ 188.41	\$ 14,130.79
2017	Enero	\$ 1,067.40	\$ 15,299.40	-\$ 187.26	\$ 14,044.74
	Febrero	\$ 1,108.22	\$ 17,174.22	-\$ 211.39	\$ 15,854.61
	Marzo	\$ 921.10	\$ 16,235.34	-\$ 201.50	\$ 15,112.74
	Abril	\$ 1,344.76	\$ 18,443.24	-\$ 224.98	\$ 16,873.50
	Mayo	\$ 1,409.07	\$ 17,520.03	-\$ 211.99	\$ 15,898.97
	Junio	\$ 1,540.31	\$ 17,834.07	-\$ 214.39	\$ 16,079.37
	Julio	\$ 1,402.00	\$ 17,432.16	-\$ 210.92	\$ 15,819.24

Promedio	\$ 1,142.42	\$ 16,348.58	-\$ 200.08	\$ 15,006.08
Suma	\$ 13,709.07	\$ 196,182.99	-\$ 2,400.97	\$ 180,072.95
Máximo	\$ 1,540.31	\$ 18,443.24	-\$ 176.39	\$ 16,873.50
Mínimo	\$ 847.41	\$ 14,507.47	-\$ 224.98	\$ 13,229.61

Tabla 51. Ahorro estimado en facturación por instalación de banco de capacitores

En el análisis de suministro eléctrico realizado anteriormente en la empresa, se muestra que debido al factor de potencia bajo existe un cargo en facturación eléctrica, mientras que en la estimación de facturación eléctrica realizado tras la implementación del banco de capacitores y un factor de potencia estimado de 95% existe una bonificación y en consecuencia disminuye el costo por suministro eléctrico.

En la Tabla 52 se compara el costo por servicio eléctrico mensual y anual con el factor de potencia actual y el estimado tras la implementación del banco de capacitores.

	Mensual	Anual
Costo por servicio eléctrico actual	\$ 16,348.58	\$ 196,182.99
Costo por servicio eléctrico estimado con FP 95%	\$ 15,006.08	\$ 180,072.95
Ahorro económico	\$ 1,342.50	\$ 16,110.04

Tabla 52. Ahorro económico mensual y anual por corrección de FP

El cargo por bajo factor de potencia estimado al año fue de \$13,709.00, la bonificación estimada que se puede obtener al realizar la compensación del factor de potencia al año es de \$2,400.97, entonces el beneficio económico anual sería de \$16,110.04, resultado obtenido al recuperar el concepto por multa y sumando la bonificación según la facturación eléctrica.

Según consulta de precios en el mercado, se estima que el costo del banco de capacitores es de \$41,500.00 y el precio por instalación de \$4,000.00, teniendo así un costo total de inversión de \$45,500.00. Considerando un costo de inversión de \$45,500.00, un costo de mantenimiento anual de \$2000.00, el beneficio obtenido después de la instalación en periodos de un año de \$16,110.04 y un tiempo de vida útil del banco de capacitores de 15 años.

Se tiene una relación beneficio-costos de 3.20 indicando que el proyecto es rentable, también se calculó un tiempo de recuperación de 2.8 años, así se tiene un resultado atractivo para la inversión.

Además de evitar el incremento en el importe de la facturación, la empresa diagnosticada puede evitar los siguientes problemas debidos a un bajo factor de potencia:

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas y desgaste prematuro en conductores.
- Sobrecarga de transformadores, tableros y líneas de distribución.
- Incremento en caídas de voltaje.

9.5. Nueva distribución de la energía

Si se llegasen a llevar a cabo las recomendaciones propuestas en eficiencia y ahorro, la nueva distribución de la energía en los diferentes sistemas sería la mostrada en la Tabla 53.

	Consumo kWh	MXN
Sistema de fuerza	40,198.47	\$ 127,027.16
Sistema de iluminación	2,985.58	\$ 9,434.42
Sistema de oficinas	8,976.26	\$ 28,364.99

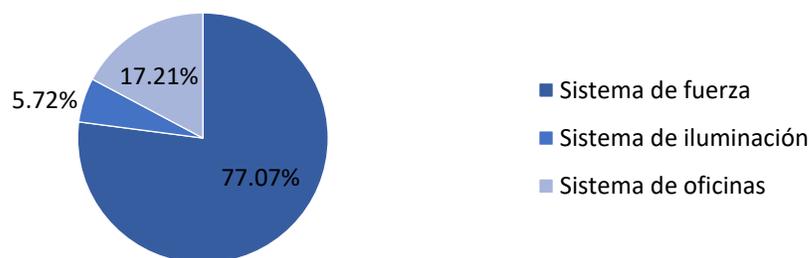
Total	52,160.31	164,826.58
--------------	------------------	-------------------

Tabla 53. Nueva distribución de la energía

La nueva distribución tendría un consumo total de 52,160.31 kWh anuales, correspondientes a \$164,826.58.

El sistema de fuerza sería el mayor consumidor, seguido del sistema de oficinas y por último el sistema de iluminación. De manera ilustrativa se tiene la Gráfica 37.

Nueva distribución energética anual



Gráfica 37. Nueva distribución energética anual

Anteriormente el sistema de iluminación era el segundo de mayor impacto en cuanto a consumo energético, debido a la implementación de tecnología más eficiente como reemplazo para este sistema el consumo bajó y ahora ocupa el tercer lugar.

En cuanto a los beneficios resultantes de la instalación de un banco de capacitores, se tiene una reducción en el costo por servicio eléctrico.

	Consumo kWh	MXN
Sistemas	52,160.31	\$ 164,826.58
Ahorro por instalación de banco de capacitores		- \$ 16,110.04
Total	52,160.31	\$ 148,716.54

Tabla 54. Costo anual total esperado por consumo energético

La Tabla 54 muestra el consumo esperado de los sistemas, así como el costo que estos implican y el ahorro monetario al evitar la penalización por bajo factor de potencia resultante de la instalación de un banco de capacitores.

Se restarían \$16,110.04 anuales al nuevo costo por consumo eléctrico en los sistemas, ahora el costo total de la energía sería de \$148,716.54 para la misma producción que se tiene actualmente.

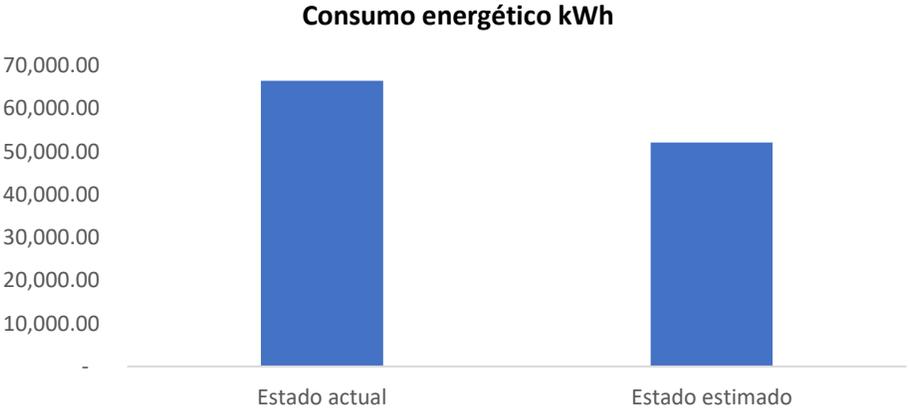
La Tabla 55 muestra el resumen de consumo energético y costo por consumo actual y esperado en los sistemas analizados.

Sistemas	Consumo energético kWh	MXN
Estado actual	66,475.61	\$ 210,062.93
Estado esperado	52,160.31	\$ 148,716.54
Ahorro	14,315.30	\$ 61,346.39

Tabla 55. Comparación energética y económica de distribución nueva con actual

Se tendría un ahorro energético de \$14,315.30 y un ahorro monetario de \$61,346.39 cada año. Los ahorros son atractivos y presenta mejoras en cuanto a eficiencia y buenas prácticas.

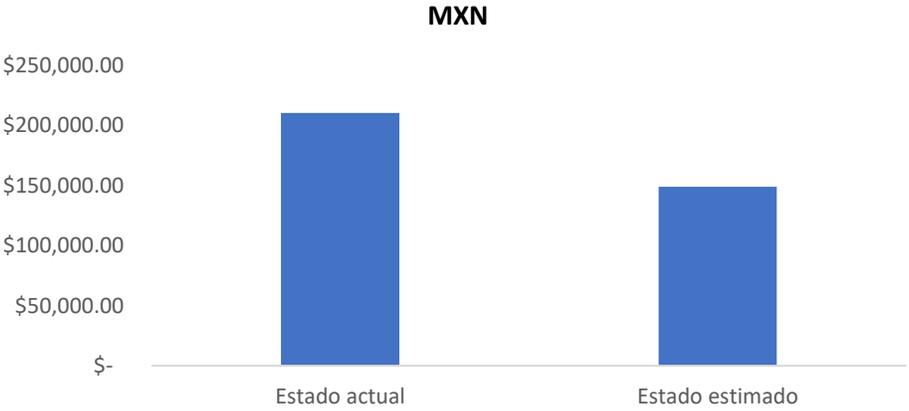
La Gráfica 38 muestra la comparación de consumo energético anual actual y el esperado de llevarse a cabo las recomendaciones de eficiencia y buenas prácticas energéticas.



Gráfica 38. Comparación de consumo energético actual con el esperado

Se trata de un ahorro de aproximadamente el 22%. Un ahorro atractivo que mejoraría varios indicadores energéticos de la empresa.

También, la Gráfica 39 refleja la comparación del costo por consumo energético anual actual y el esperado.



Gráfica 39. Comparación de costo por consumo energético actual con el esperado

En este caso se trata de un beneficio de aproximadamente el 29%, el beneficio es de mayor valor comparado en el de consumo energético, esto debido al ahorro que se tiene en facturación por evitar la penalización correspondiente al bajo factor de potencia y la adquisición de una bonificación por este mismo concepto. Por último, la Tabla 56. Costo total de inversión presenta el costo total de inversión por actualización en el sistema de iluminación e instalación de un banco de capacitores.

	MXN
Sistema de Iluminación	\$ 24,598.50
Banco de capacitores	\$ 45,500.00

Total \$ **70,098.50**

Tabla 56. Costo total de inversión

Un total de \$70,098.50 sería la inversión necesaria para adquirir los beneficios antes mencionados y mejorar los indicadores energéticos de la empresa.

9.6. Indicadores energéticos estimados

- Indicador de desempeño energético estimado en el sistema de fuerza
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de fuerza: 40,198.47 kWh/año
- Indicador de desempeño energético estimado en el sistema de iluminación
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de Iluminación por unidad de superficie: 0.72 kWh/m²
 - Densidad de potencia eléctrica en alumbrado: 2.20 W/m²
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de iluminación: 2,985.58 kWh/año
- Indicador de desempeño energético estimado en el sistema de oficinas
 - Consumo eléctrico anual en el sistema de oficinas: 8,976.26 kWh/año
- Otros indicadores estimados
 - Consumo eléctrico anual por empleado: 506.41 kWh/empleado
 - Consumo eléctrico por superficie de edificio: 12.58 kWh/m²
 - Consumo energético por horas trabajadas: 11.40 kWh/h

En general, los indicadores de desempeño energético esperados son mejores que los actuales, pues se reduce el consumo energético para las mismas condiciones de proceso productivo, personal, superficie, etc.

De esta manera se logra un estado de mejor uso energético tras la implementación de ahorro y uso eficiente de la energía.

10. Conclusión

Tras la realización del diagnóstico energético a la empresa de manufactura, se pudo observar la situación energética actual de la empresa para los sistemas de fuerza, iluminación y oficinas.

El bajo factor de potencia en la red, que en promedio corresponde al 80%, provoca un recargo en la facturación eléctrica de \$13,709.07 anuales. El nivel de FP bajo se debe a que gran parte de la maquinaria utilizada en la empresa funciona con motores de inducción. Se propone la instalación de un banco de capacitores variable de 19.20 kVAr asegurando que exista en todo momento un factor de potencia alto permitiendo una bonificación. Tras la instalación del banco de capacitores se espera un beneficio económico de \$16,110.04 con un costo total de inversión de \$45,500.00, tiempo de recuperación de 2.8 años y la relación beneficio-costo de 3.20 indicando que el proyecto es rentable.

La distribución de energía total aseguró que anualmente el sistema de fuerza suma 44,672.44 kWh, el sistema de iluminación 11,841.48 kWh y el sistema de oficinas un total de 9,961.69 kWh; estos valores corresponden al 67.20%, 17.81% y 14.99% respectivamente, de un total de 66,475.61 kWh anuales totales en la empresa.

Para el sistema de fuerza, según el monitoreo realizado en la acometida se presenta un consumo de energía en horarios no laborales y además de notar equipos de proceso trabajando sin carga; como consecuencia, se provoca un consumo innecesario de energía. Se recomiendan mejores prácticas de uso energético, y así se espera obtener un ahorro energético de 4,473.97 kWh anuales que corresponden al 7.20% del consumo total en el sistema de fuerza actual. Seguir las recomendaciones propuestas y adquirir mejores prácticas de uso no requiere inversión alguna.

El sistema de iluminación actual consta de lámparas tipo Fluorescente T8 y T12, estas son consideradas como una tecnología obsoleta debido a su baja eficiencia y en poco tiempo dejarán de estar disponibles en el mercado. Aunque la empresa, en general, cumple con la NOM-007-ENER-2014, algunas áreas sobrepasan los niveles máximos de DPEA. Así también, hay áreas donde no se cumplen los niveles mínimos de iluminación o superan los niveles máximos de reflectancia de acuerdo a los recomendados por la NOM-025-STPS-2008. Al llevar a cabo las recomendaciones en cuanto a cambio de tecnología actual por LED T8 de mayor eficiencia y realizar una nueva distribución de luminarias según las simulaciones propuestas, se estima un ahorro energético de 8,855.90 kWh anuales que corresponden al 75% del total actual en el sistema de iluminación. En este caso se calcula una inversión de \$24,598.50, un periodo simple de inversión 0.9 años y una relación beneficio-costo de 8.81; por lo tanto, es considerada una inversión rentable.

El sistema de oficinas presenta ahorros por buenas prácticas y activación de modo ahorro de energía en los equipos. Si se siguen las recomendaciones propuestas se esperaría un ahorro energético de 985.42 kWh anuales, correspondientes al 9.89% del consumo actual de este sistema, se trata de un ahorro inmediato sin la necesidad de inversión.

En caso de llevar a cabo las recomendaciones propuestas, se espera un ahorro de 14,315.30 kWh en consumo total anual y un ahorro económico de \$61,346.39 mensuales. Además de contar con mejor eficiencia en planta, cumplir con las normas afines en cuanto a iluminación y adquirir buenas prácticas de uso energético.

11. Fuentes de consulta

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012). *Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*. México: Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. Recuperado el Febrero de 2019
- CFE. (12 de Julio de 2018). *Tarifas*. Obtenido de Conoce tu tarifa:
https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp?Tarifa=OM&Anio=2016&mes=8&imprime=
- CFE. (Enero 2005). *Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica*. México. Recuperado el Febrero de 2019
- CNFL. (26 de Agosto de 2018). *Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.* Obtenido de Términos Eléctricos y de Facturación Generales:
https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/terminos%20electricos_y_de_facturacion.pdf
- CONUEE, PYME, SENER. (2009). Recuperado el 12 de 2 de 2019, de Medición y registro de la energía en las Pequeñas y Medianas Empresas. Mexico.
- Eficiencia Energética. (18 de Abril de 2018). *Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana. NOM-007-ENER-2014:
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014&print=true
- Electricidad Inteligente. (26 de Agosto de 2018). *Ahorro de Energía Eléctrica con Tecnología de Punta*. Obtenido de Entendiendo el cobro de la demanda en los Recibos de CFE:
<https://www.electricidadinteligente.com.mx/cobro-de-la-demanda/>
- Enríquez Harper, G. (s.f.). *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica*. México: Limusa.
- Espinosa de los Monteros A., F. (s.f.). *Calidad de la energía. Corrección del Facto de Potencia y filtrado de Armónicas*. Energiza. Understanding energy.
- Flores Díaz, L. (29 de Junio de 2016). *Segundo curso de Sistemas de Gestión de la Energía para Instalaciones Industriales del Sector Público. ISO 50006:2014, ISO 50015:2014*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2018, de Cámara Nacional de la Industria de Transformación:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/115168/Indicadores_de_Desempe_o_Energetico.pdf
- Flores Díaz, L., Escobosa Pineda, N., & Espinosa Flores, L. (2016). *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía* (Segunda ed.). Distrito Federal, México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

- Fotosíntesis. Domina la energía. (26 de Agosto de 2018). *Proyectos de consumo de electricidad, equipos de energía solar y de viento*. Obtenido de Conoce los cargos de tu recibo, Tarifa 3 y OM.: <http://fotosintesis.mx/cargos-recibos-industrial.php>
- Hernández, M., & Labrador García, L. (22 de Junio de 2018). Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia25/HTML/articulo09.htm>
- IICE. (28 de Noviembre de 2018). *IICE- Ingeniería Integral Para la Calidad de la Energía*. Obtenido de Asesoría y equipo para hacer más eficiente la optimización del consumo de energía: <http://www.iice.com.mx/factor-de-potencia.php>
- INEGI. (2006). *Micro, Pequeña, Mediana y Gran Empresa. Estratificación de los Establecimientos*. México.
- INEGI, Nacional Financiera. (1993). *La micro, pequeña y mediana empresa*. México: Biblioteca de la micro, pequeña y mediana empresa.
- Mendoza Barrón, L., Prem, R., & Wen, S. (2017). *Introducción a la Eficiencia Energética y Sistemas de Gestión de la Energía en Pymes de México*. CDMX: El Instituto de Metrología de Alemania (PTB).
- Optima Grid. (s.f.). *Buenas prácticas para el ahorro de la energía en la empresa*.
- Programa Integral de "Asistencia Técnica y Capacitación para la Formación de Especialistas en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica de Guatemala". (2010). Módulo I. Diagnósticos Energéticos. En *Curso-Taller. Promotores de Ahorro y Eficiencia de Energía Eléctrica*. Guatemala.: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
- Ramos Gutiérrez, L., & Montenegro Fragoso, M. (25 de Noviembre de 2018). *Tecnología y Ciencias del Agua*. Obtenido de La Generación de Energía Eléctrica en México: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000400012
- Renzetti, M. (2008). *Notas sobre electricidad. ¿Qué es el factor de potencia? ¿En qué afecta? ¿Cómo se corrige? ¿Cómo se calcula?*
- Robledo Leal, G. M. (2008). *Calidad de la Energía Eléctrica: Camino a la Normalización*. Nuevo León, México: Comisión Federal de Electricidad.
- Sánchez Cifuentes, A. (31 de Mayo de 2017). *Cámara Nacional de la Industria de Transformación*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2018, de Gestión de energía, auditoría energética, indicadores: <http://www.canacindra.org.mx/cindra/canacindra.html>
- Sánchez Cifuentes, A. (31 de Mayo de 2017). *Diseño, integración y puesta en marcha de una plataforma digital en línea*. Recuperado el 31 de Diciembre de 2018, de Cámara Nacional de la Industria de Transformación: <http://canacindra.org.mx/cindra/JornadaAmbiental2017/Taller%20UNAM%20Proyecto%20249322%20Conacyt%20UNAM%20Canacindra%2031%2005%2017.pdf>

- Sánchez Huerta, V. (2006). *Perturbaciones en la red eléctrica*. Quintana Roo, México: Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo.
- Schallenberg, J. C., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., . . . Subiela., V. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Enegetica*. Instituto Tecnológico de Canarias.
- SECOVI. (2 de Diciembre de 2018). *SECOVI*. Obtenido de Soluciones Integrales en Calidad de Energía: http://secovi.com/news/Newsletter_Secovi_Marzo.pdf
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (18 de Abril de 2018). *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/nom-025.pdf>
- SENER. (2018). *Balance Nacional de energía 2017*. México.
- Tecener. (2015). *Tarifas eléctricas. Tutorial para el trabajo en campo*. CDMX: COMPITE, GIZ.

Anexos

Anexo I. Monitoreo

	Tensión			Corriente			Potencia			Consumo	Factor de potencia	Distorsión armónica en tensión			Distorsión armónica en corriente		
	V1 [V]	V2 [V]	V3 [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	P total [VA]	P activa[W]	P reactiva [VAR]	[kWh]	FP	DAT V1 [%]	DAT V2 [%]	DAT V3 [%]	DAT I1 [%]	DAT I2 [%]	DAT I3 [%]
Máximo	225.8	224.4	224.7	132.09	125.98	139.81	49.89	40.41	30.06	229.94	0.82	1.60	1.60	1.60	43.50	23.10	21.90
Mínimo	219.0	217.6	218.0	2.25	1.06	2.88	0.97	0.76	0.56	0.03	0.78	0.80	0.90	0.80	5.80	6.20	6.10
Promedio	222.2	220.7	221.2	30.54	26.40	37.55	12.00	9.58	7.22		0.80	1.19	1.24	1.17	22.56	15.25	15.36
Suma							8,641.85	6,898.34	5,201.21								

Tabla 57. Resumen final de monitoreo en la acometida eléctrica

Anexo II. Facturación Eléctrica

	Mes	Recibo CFE					https://app.cfe.mx		Estimación			Cargos o bonificaciones		Subtotal	Total
		Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	F.C. %	Cargo medio	Cargo por kW de demanda máxima medida	Cargo por kWh de energía consumida	Cargo por demanda máxima	Cargo por consumo eléctrico	Costo total de la energía	% Cargo por FP	Cargo por FP	Costo por servicio eléctrico	Costo por servicio eléctrico más IVA
2016	Agosto	40	5,440.00	79.44	17	\$ 2.88	\$ 189.84	\$ 1.166	\$ 7,593.60	\$ 6,343.04	\$ 13,936.64	7.98%	\$ 1,111.56	\$ 15,048.20	\$ 17,455.92
	Septiembre	40	5,760.00	82.14	21	\$ 2.66	\$ 191.24	\$ 1.258	\$ 7,649.60	\$ 7,246.08	\$ 14,895.68	5.74%	\$ 855.22	\$ 15,750.90	\$ 18,271.05
	Octubre	40	4,560.00	79.16	16	\$ 3.16	\$ 192.08	\$ 1.255	\$ 7,683.20	\$ 5,722.80	\$ 13,406.00	8.22%	\$ 1,101.47	\$ 14,507.47	\$ 16,828.67
	Noviembre	40	5,280.00	80.87	18	\$ 2.95	\$ 194.37	\$ 1.325	\$ 7,774.80	\$ 6,996.00	\$ 14,770.80	6.77%	\$ 1,000.55	\$ 15,771.35	\$ 18,294.77
	Diciembre	40	4,800.00	81.92	16	\$ 0.92	\$ 194.78	\$ 1.360	\$ 7,791.20	\$ 6,528.00	\$ 14,319.20	5.92%	\$ 847.41	\$ 15,166.61	\$ 17,593.26
2017	Enero	40	4,480.00	80.00	16	\$ 3.31	\$ 197.88	\$ 1.410	\$ 7,915.20	\$ 6,316.80	\$ 14,232.00	7.50%	\$ 1,067.40	\$ 15,299.40	\$ 17,747.30
	Febrero	40	5,360.00	80.72	19	\$ 3.19	\$ 200.65	\$ 1.500	\$ 8,026.00	\$ 8,040.00	\$ 16,066.00	6.90%	\$ 1,108.22	\$ 17,174.22	\$ 19,922.09
	Marzo	32	5,120.00	81.80	22	\$ 3.17	\$ 206.73	\$ 1.699	\$ 6,615.36	\$ 8,698.88	\$ 15,314.24	6.01%	\$ 921.10	\$ 16,235.34	\$ 18,833.00
	Abril	40	5,360.00	79.57	20	\$ 3.40	\$ 207.97	\$ 1.638	\$ 8,318.80	\$ 8,779.68	\$ 17,098.48	7.86%	\$ 1,344.76	\$ 18,443.24	\$ 21,394.15
	Mayo	40	5,280.00	78.55	17	\$ 3.59	\$ 206.49	\$ 1.487	\$ 8,259.60	\$ 7,851.36	\$ 16,110.96	8.75%	\$ 1,409.07	\$ 17,520.03	\$ 20,323.23
	Junio	40	5,440.00	77.75	18	\$ 3.43	\$ 204.16	\$ 1.494	\$ 8,166.40	\$ 8,127.36	\$ 16,293.76	9.45%	\$ 1,540.31	\$ 17,834.07	\$ 20,687.52
	Julio	40	5,280.00	78.55	18	\$ 3.35	\$ 204.47	\$ 1.487	\$ 8,178.80	\$ 7,851.36	\$ 16,030.16	8.75%	\$ 1,402.00	\$ 17,432.16	\$ 20,221.31
Promedio	39	5,180.00	80.04	18.17	\$ 3.00	\$ 199.22	\$ 1.423	\$ 7,831.05	\$ 7,375.11	\$ 15,206.16	7.49%	\$ 1,142.42	\$ 16,348.58	\$ 18,964.36	
Suma		62,160.00						\$ 93,972.56	\$ 88,501.36	\$ 182,473.92		\$ 13,709.07	\$ 196,182.99	\$ 227,572.27	
Máximo	40	5,760.00	82.14	22.00	\$ 3.59	\$ 207.97	\$ 1.699	\$ 8,318.80	\$ 8,779.68	\$ 17,098.48	9.45%	\$ 1,540.31	\$ 18,443.24	\$ 21,394.15	
Mínimo	32	4,480.00	77.75	16.00	\$ 0.92	\$ 189.84	\$ 1.166	\$ 6,615.36	\$ 5,722.80	\$ 13,406.00	5.74%	\$ 847.41	\$ 14,507.47	\$ 16,828.67	

Tabla 58. Estimación de consumo energético anual, facturación eléctrica.

Anexo III. Formatos completos

Sistema de fuerza

Equipo	Cantidad	Marca	Modelo o serie	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]	Horas de uso al día	Días al año	Factor de uso	Consumo estimado [kWh/año]
Equipo de proceso										
Punteadora	5	Contech		230	3.6	1.15	4.5	305	0.5	3,936.59
Prensa	1	Universal	NB390H	220	150.0	6.80	0.2	50	1.0	56.67
Javelin	1	Javelin	J3000/180	220	25.0	3.81	5.0	305	1.0	5,810.86
Guillotina LMM	1	Fimer	806.00	380	2.9	1.10	4.0	305	0.6	805.20
Kolbus	1			220	6.4	1.95	4.0	305	0.6	1,428.08
Cortadora de Centros	1	Delco	217224-Z	220	1.6	0.47	2.0	305	0.6	172.93
Heidelberg Cylinder	1	Bukuecht	DM0T	220	2.7	0.82	6.0	305	0.6	903.70
Suajadora de Rodillo	1	ASEA	MM90A-4	220	3.0	0.91	6.0	305	0.6	1,004.12
Iberica	2			220	6.4	1.95	4.0	305	0.6	2,856.15
Recolector de Polvo	1		YL90-2	220	2.0	0.61	4.0	305	0.6	446.27
Heidelberg Offset	1	Bauknecht		220	16.0	4.88	5.0	305	0.6	4,462.74
Mesa de Luz	3			127		0.04	1.0	305	0.6	6.86
				127		0.19	1.0	305	0.6	34.59
				127		0.03	1.0	305	0.6	4.58
Pantalla	2				0.24	1.0	305	0.6	87.84	
Lámpara NuArc	1			220		3.00	1.0	305	0.6	549.00
Lámpara incandescente	1			127		0.06	1.0	305	0.6	10.98
Horno de Secado	1			127		1.93	6.0	305	0.6	2,121.34
Laminadoras	3			115	2.0	0.18	2.0	305	0.6	67.34
				220	3.0	0.91	2.0	305	0.6	332.97
				130	1.8	0.19	2.0	305	0.6	68.52
Rayadora	1	Svecia		220	3.0	0.91	2.0	305	0.6	332.97
Impresora de rollo	1					7.10	7.0	300	0.6	8,946.00
Serigrafía	1					3.38	4.0	50	1.0	675.00
Subtotal						42.61				35,121.29
Equipo de servicio										
Ventilador	3	Mytek		127	0.5	0.05	1.0	305.0	0.6	9.88
		Diehl		127	1.0	0.18	1.0	305.0	0.6	32.20
				127		0.02	1.0	305.0	0.6	4.03
Bomba	1	Siemens		127	4.0	0.70	1.0	305.0	0.6	128.81
Motor Compresor	1	Baldor	DM3710T	219	23.9	6.38	4.9	300.0	1.0	9,376.23
Subtotal						7.34				9,551.15
Total						49.94				44,672.44

Tabla 59. Censo de equipos actuales en el sistema de fuerza

Sistema de iluminación

Nombre del área	Tipo de área	Tipo de tecnología	Tecnología del balastro	Lámparas por luminaria	Lúmenes por lámpara	Factor de balastro	Potencia por lámpara W	Potencia por luminaria W	Número de luminarias	Eficacia de luminaria lm/W	Potencia total de luminarias kW	Hay apagadores en el área	Lámparas averiadas
Almacén 1	Almacén	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	1	87.78	0.11	Sí	0
		F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	1	84.14	0.06		
Almacén 2	Almacén	F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	4	84.14	0.24	Sí	1
Comedor	Preparación de comida	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	2	87.78	0.22	Sí	0
		F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	2	84.14	0.12		
Gerencia Producción	Oficina	F T8 2x59W	Electrónico	2	5375	0.87	59	103	1	90.80	0.10	Sí	0
		F T12 2x75W	Electrónico	2	4325	1	75	175	1	49.43	0.18		
Impresión	Taller	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	8	87.78	0.90	Sí	6
		F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	4	84.14	0.24		0
Inspección	Taller	F T8 2x32W	Electrónico	2	2710	1.01	32	65	3	84.22	0.20	Sí	0
		F T12 2x32W	Electrónico	2	2400	1.01	32	65	1	74.58	0.07		0
		F T8 2x59W	Electrónico	2	5375	0.87	59	112	6	83.50	0.67		0
Javelin	Taller	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	5	87.78	0.56	No	4
Pantallas	Taller	F T12 2x39W	Electrónico	2	2600	1	39	77	1	67.53	0.08	Sí	2
		F T8 2x32W	Electrónico	2	2710	1.01	32	65	5	84.22	0.33		4
Recibo materia prima	Almacén	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	1	87.78	0.11	No	0
		F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	2	84.14	0.12		0
Recursos humanos	Oficina	F T8 2x59W	Electrónico	2	5375	0.87	59	103	3	90.80	0.31	Sí	0
Suaje y laminado	Taller	F T8 2x60W	Electrónico	2	5650	0.87	60	112	6	87.78	0.67	No	0
		F T8 2x30W	Electrónico	2	2541	1.01	30	61	3	84.14	0.18		0

60

5.47

17

Tabla 60. Características técnicas de tecnología actual en el sistema de iluminación

Nombre del área	Tipo de área	Tipo de tecnología	Potencia total de luminarias kW	Horas de uso anuales	Consumo anual de energía kWh	Superficie del lugar m ²	DPEA actual W/m ²	DPEA recomendada W/ m ²	Cumple con la NOM-007-ENER-2014
Almacén 1	Almacén	F T8 2x60W	0.11	1530	171.36	20.83	8.31	10.00	Sí
		F T8 2x30W	0.06		93.33				
Almacén 2	Almacén	F T8 2x30W	0.24	1530	373.32	46.39	5.26	10.00	Sí
Comedor	Preparación de comida	F T8 2x60W	0.22	2550	571.20	30.36	11.40	10.66	No, se excede un 7%
		F T8 2x30W	0.12		311.10				
Gerencia Producción	Oficina	F T8 2x59W	0.10	2652	273.16	20.84	13.3	12.00	No, se excede un 11%
		F T12 2x75W	0.18		464.10				
Impresión	Taller	F T8 2x60W	0.90	1530	1,370.88	103.40	11.0	15.00	Sí
		F T8 2x30W	0.24		373.32				
Inspección	Taller	F T8 2x32W	0.20	47.81	547.56	47.81	19.5	15.00	No, se excede un 30%
		F T12 2x32W	0.07		182.52				
		F T8 2x59W	0.67		1,886.98				
Javelin	Taller	F T8 2x60W	0.56	2677.5	1,499.40	66.55	8.4	15.00	Sí
Pantallas	Taller	F T12 2x39W	0.08	2167.5	166.90	58.06	6.9	15.00	Sí
		F T8 2x32W	0.33		704.44				
Recibo materia prima	Almacén	F T8 2x60W	0.11	2040	228.48	49.84	4.7	10.00	Sí
		F T8 2x30W	0.12		248.88				
Recursos humanos	Oficina	F T8 2x59W	0.31	2040	630.36	27.11	11.4	12	Sí
Suaje y laminado	Taller	F T8 2x60W	0.67	2040	1,370.88	101.18	8.5	15.00	Sí
		F T8 2x30W	0.18		373.32				

11,841.48 572.36

Tabla 61. Análisis de NOM-007-ENER-2014 en el sistema de iluminación actual

Tipo de área	Tipo de tecnología	Iluminación promedio lx	Iluminación recomendada por NOM-025-STPS-2008 lx	Reflectancia en paredes %	Reflectancia en plano de trabajo %	Cumple con la NOM-025-STPS-2008	Color de pared	Color de techo	Color de piso
Almacén	F T8 2x60W	348	200	37	54	No, incumple en reflectancia máxima (plano de trabajo)	Medio	Blanco o muy claro	Claro
	F T8 2x30W								
Almacén	F T8 2x30W	130	200	57	12	No, incumple en iluminación mínima (35% abajo)	Medio	Claro	Medio
Preparación de comida	F T8 2x60W	420	300	72	34	No, incumple en reflectancia máxima (paredes)	Claro	Claro	Medio
	F T8 2x30W								
Oficina	F T8 2x59W	424	300	58	16	Sí	Claro	Claro	Medio
	F T12 2x75W								
Taller	F T8 2x60W	1481	300	51	12	Sí	Medio	Medio	Medio
	F T8 2x30W								
Taller	F T8 2x32W	1506	300	63	41	No, incumple en reflectancia máxima (paredes)	Medio	Medio	Claro
	F T12 2x32W								
	F T8 2x59W								
Taller	F T8 2x60W	1375	300	56	19	Sí	Medio	Medio	Medio
Taller	F T12 2x39W	116	300	39	20	No, incumple en iluminación mínima (61% abajo)	Medio	Oscuro	Claro
	F T8 2x32W								
Almacén	F T8 2x60W	1450	200	10	7	Sí	Medio	Medio	Medio
	F T8 2x30W								
Oficina	F T8 2x59W	566	300	33	17	Sí	Claro	Claro	Medio
Taller	F T8 2x60W	433	300	39	54	No, incumple en reflectancia máxima (plano de trabajo)	Claro	Claro	Medio
	F T8 2x30W								

Tabla 62. Análisis de NOM-025-STPS-2008 en el sistema de iluminación actual

Simulación de iluminación por sustitución de luminarias

Almacén 1

Settings
Units: Meters - Lux

Room Dimensions
Length [X]: 4.65 m
Width [Y]: 4.48 m
Height [Z]: 2.41 m
Workplane: 1.2 m
Ceiling Type: Open

Room Reflectances
Ceiling: 80 %
Walls: 55 %
Floor: 70 %

Criteria
Illuminance: 200 lux
Power Density: W/m²
Quantity:

Constraints
Spacing X [SC=1.9]: m
Spacing Y [SC=1.6]: m
Rows:
Columns:

Calculation Results [A]
Illuminance: 181 lux
Power Density: 4.68 W/m²
Quantity: 3

Spacing Results [A]
Spacing: 1.5 x 0 m
Arrangement: 3 x 1
Outside Spacing X: 0.82 m
Outside Spacing Y: 1.64 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	181	4.68	3
B	254	2.02	3

Display
Dimensions Room Layout
Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information
A B +

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
Suspension Length: 0
Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
Symbol Length: .02
Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
Lumens Per Lamp: 2322
Wattage: 32.5

Ilustración 9. Simulación de iluminación a Almacén 1 con F T5

Settings
Units: Meters - Lux

Room Dimensions
Length [X]: 4.65 m
Width [Y]: 4.48 m
Height [Z]: 2.41 m
Workplane: 1.2 m
Ceiling Type: Open

Room Reflectances
Ceiling: 80 %
Walls: 55 %
Floor: 70 %

Criteria
Illuminance: 200 lux
Power Density: W/m²
Quantity:

Constraints
Spacing X [SC=1.6]: m
Spacing Y [SC=1.4]: m
Rows:
Columns:

Calculation Results [B]
Illuminance: 254 lux
Power Density: 2.02 W/m²
Quantity: 3

Spacing Results [B]
Spacing: 1.5 x 0 m
Arrangement: 3 x 1
Outside Spacing X: 0.81 m
Outside Spacing Y: 1.64 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	181	4.68	3
B	254	2.02	3

Display
Dimensions Room Layout
Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information
A B +

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
Suspension Length: 0
Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
Symbol Length: .03
Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
Lumens Per Lamp: 2100
Wattage: 14

Ilustración 10. Simulación de iluminación a Almacén 1 con LED T8

Almacén 2

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 7.34 m
 Width [Y]: 6.32 m
 Height [Z]: 2.36 m
 Workplane: 0.85 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 55 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 200 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.3]: m
 Spacing Y [SC=1.9]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [A]

Illuminance: 240 lux
 Power Density: 6.31 W/m²
 Quantity: 9

Spacing Results [A]

Spacing: 2.4 x 2.1 m
 Arrangement: 3 x 3
 Outside Spacing X: 1.26 m
 Outside Spacing Y: 0.46 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	240	6.31	9
B	228	1.81	6

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
Photo Available	Suspension Length: 0	Symbol Length: .02	Lumens Per Lamp: 2322
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 32.5

Ilustración 11. Simulación de iluminación a Almacén 2 con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 7.34 m
 Width [Y]: 6.32 m
 Height [Z]: 2.36 m
 Workplane: 0.85 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 55 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 200 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2]: m
 Spacing Y [SC=1.8]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [B]

Illuminance: 228 lux
 Power Density: 1.81 W/m²
 Quantity: 6

Spacing Results [B]

Spacing: 2.4 x 3.1 m
 Arrangement: 3 x 2
 Outside Spacing X: 1.26 m
 Outside Spacing Y: 1.01 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	240	6.31	9
B	228	1.81	6

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
Photo Available	Suspension Length: 0	Symbol Length: .03	Lumens Per Lamp: 2100
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 14

Ilustración 12. Simulación de iluminación a Almacén 2 con LED T8

Comedor

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 4.3 m
 Width [Y]: 7.06 m
 Height [Z]: 2.7 m
 Workplane: 1.02 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.3]: m
 Spacing Y [SC=1.9]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [A]

Illuminance: 338 lux
 Power Density: 8.56 W/m²
 Quantity: 8

Spacing Results [A]

Spacing: 2.1 x 1.7 m
 Arrangement: 2 x 4
 Outside Spacing X: 1.09 m
 Outside Spacing Y: 0.38 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	338	8.56	8
B	350	2.77	6

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A ✖ B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No Photo Available	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
	Suspension Length: 0.22	Symbol Length: .02	Lumens Per Lamp: 2322
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 32.5

Ilustración 13. Simulación de iluminación a Comedor con FT5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 4.3 m
 Width [Y]: 7.06 m
 Height [Z]: 2.7 m
 Workplane: 1.02 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.3]: m
 Spacing Y [SC=2]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [B]

Illuminance: 350 lux
 Power Density: 2.77 W/m²
 Quantity: 6

Spacing Results [B]

Spacing: 2.1 x 2.3 m
 Arrangement: 2 x 3
 Outside Spacing X: 1.09 m
 Outside Spacing Y: 0.63 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	338	8.56	8
B	350	2.77	6

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A ✖ B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No Photo Available	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
	Suspension Length: 0	Symbol Length: .03	Lumens Per Lamp: 2100
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 14

Ilustración 14. Simulación de iluminación a Comedor con LED T8

Gerencia de producción

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 4.59 m
 Width [Y]: 4.54 m
 Height [Z]: 2.5 m
 Workplane: 0.7 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

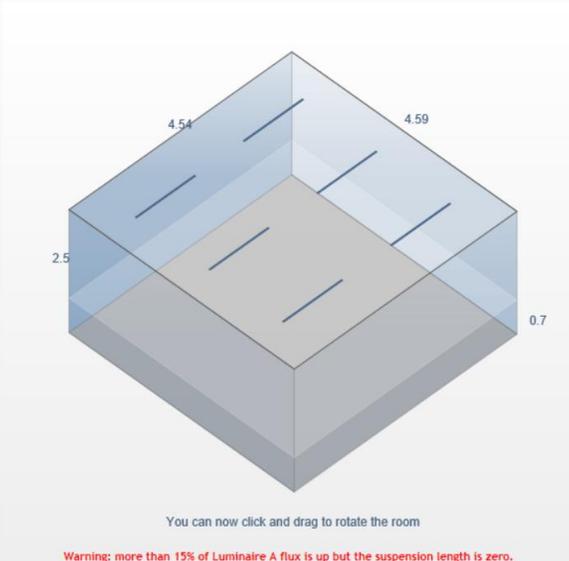
Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.8]: m
 Spacing Y [SC=2.3]: m
 Rows:
 Columns:



You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [A]

Illuminance: 333 lux
 Power Density: 9.36 W/m²
 Quantity: 6

Spacing Results [A]

Spacing: 1.5 x 2.2 m
 Arrangement: 3 x 2
 Outside Spacing X: 0.79 m
 Outside Spacing Y: 0.57 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	333	9.36	6
B	350	2.69	4

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]
 X Y

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No	Light Loss Factor	<input type="text" value="0.9"/>	Symbol Shape	Rectangular	Lamp Quantity	<input type="text" value="1"/>
Photo	Suspension Length	<input type="text" value="0"/>	Symbol Length	<input type="text" value=".02"/>	Lumens Per Lamp	<input type="text" value="2322"/>
Available	Orientation	0	Symbol Width	<input type="text" value="1.2"/>	Wattage	<input type="text" value="32.5"/>

Ilustración 15. Simulación de iluminación a Gerencia de producción con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 4.59 m
 Width [Y]: 4.54 m
 Height [Z]: 2.5 m
 Workplane: 0.7 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

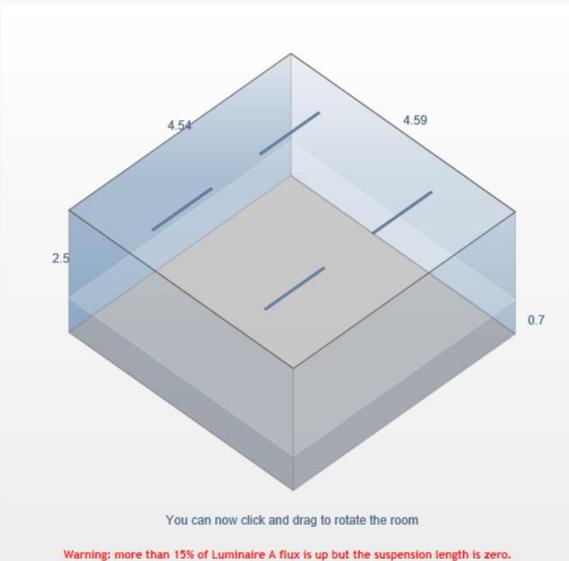
Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.4]: m
 Spacing Y [SC=2.1]: m
 Rows:
 Columns:



You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [B]

Illuminance: 315 lux
 Power Density: 2.69 W/m²
 Quantity: 4

Spacing Results [B]

Spacing: 2.3 x 2.2 m
 Arrangement: 2 x 2
 Outside Spacing X: 1.13 m
 Outside Spacing Y: 0.57 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	333	9.36	6
B	315	2.69	4

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]
 X Y

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No	Light Loss Factor	<input type="text" value="0.9"/>	Symbol Shape	Rectangular	Lamp Quantity	<input type="text" value="1"/>
Photo	Suspension Length	<input type="text" value="0"/>	Symbol Length	<input type="text" value=".03"/>	Lumens Per Lamp	<input type="text" value="2100"/>
Available	Orientation	0	Symbol Width	<input type="text" value="1.2"/>	Wattage	<input type="text" value="14"/>

Ilustración 16. Simulación de iluminación a Gerencia de producción con LED T8

Impresión

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 11 m
 Width [Y]: 9.4 m
 Height [Z]: 8.22 m
 Workplane: 1.1 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.9]: m
 Spacing Y [SC=2.4]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [A]

Illuminance: 317 lux
 Power Density: 8.8 W/m²
 Quantity: 28

Spacing Results [A]

Spacing: 1.5 x 2.3 m
 Arrangement: 7 x 4
 Outside Spacing X: 0.99 m
 Outside Spacing Y: 0.65 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	317	8.8	28
B	301	2.44	18

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
 [A] - 42757 6

No	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
Photo Available	Suspension Length: 5.22	Symbol Length: .02	Lumens Per Lamp: 2322
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 32.5

Ilustración 17. Simulación de iluminación a Impresión con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 11 m
 Width [Y]: 9.4 m
 Height [Z]: 8.22 m
 Workplane: 1.1 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.6]: m
 Spacing Y [SC=2.3]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [B]

Illuminance: 301 lux
 Power Density: 2.44 W/m²
 Quantity: 18

Spacing Results [B]

Spacing: 1.8 x 3.1 m
 Arrangement: 6 x 3
 Outside Spacing X: 0.99 m
 Outside Spacing Y: 1 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	317	8.8	28
B	301	2.44	18

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
 [B] -

No	Light Loss Factor: 0.9	Symbol Shape: Rectangular	Lamp Quantity: 1
Photo Available	Suspension Length: 5.22	Symbol Length: .03	Lumens Per Lamp: 2100
	Orientation: 0	Symbol Width: 1.2	Wattage: 14

Ilustración 18. Simulación de iluminación a Impresión con LED T8

Inspección

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 7 m
 Width [Y]: 6.83 m
 Height [Z]: 2.32 m
 Workplane: 0.92 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 70 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.2]: m
 Spacing Y [SC=1.8]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [A]

Illuminance: 300 lux
 Power Density: 8.16 W/m²
 Quantity: 12

Spacing Results [A]

Spacing: 1.7 x 2.2 m
 Arrangement: 4 x 3
 Outside Spacing X: 0.94 m
 Outside Spacing Y: 0.62 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	300	8.16	12
B	366	2.64	9

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9 Symbol Shape: Rectangular Lamp Quantity: 1
 Suspension Length: 0 Symbol Length: .02 Lumens Per Lamp: 2322
 Orientation: 0 Symbol Width: 1.2 Wattage: 32.5

Ilustración 19. Simulación de iluminación a Inspección con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 7 m
 Width [Y]: 6.83 m
 Height [Z]: 2.32 m
 Workplane: 0.92 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 70 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=1.9]: m
 Spacing Y [SC=1.7]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [B]

Illuminance: 329 lux
 Power Density: 2.64 W/m²
 Quantity: 9

Spacing Results [B]

Spacing: 2.3 x 2.2 m
 Arrangement: 3 x 3
 Outside Spacing X: 1.19 m
 Outside Spacing Y: 0.62 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	300	8.16	12
B	329	2.64	9

Display

Dimensions: Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9 Symbol Shape: Rectangular Lamp Quantity: 1
 Suspension Length: 0 Symbol Length: .03 Lumens Per Lamp: 2100
 Orientation: 0 Symbol Width: 1.2 Wattage: 14

Ilustración 20. Simulación de iluminación a Inspección con LED T8

Javelin

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 5.38 m
 Width [Y]: 12.37 m
 Height [Z]: 7.98 m
 Workplane: 0.76 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.7]: m
 Spacing Y [SC=2.2]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [A]

Illuminance: 304 lux
 Power Density: 11.72 W/m²
 Quantity: 24

Spacing Results [A]

Spacing: 1.8 x 1.5 m
 Arrangement: 3 x 8
 Outside Spacing X: 0.88 m
 Outside Spacing Y: 0.34 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	304	11.72	24
B	334	3.16	15

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
 Suspension Length: 5.5
 Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
 Symbol Length: .02
 Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
 Lumens Per Lamp: 2322
 Wattage: 32.5

Ilustración 21. Simulación de iluminación a Javelin con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 5.38 m
 Width [Y]: 12.37 m
 Height [Z]: 7.98 m
 Workplane: 0.76 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.3]: m
 Spacing Y [SC=2]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [B]

Illuminance: 300 lux
 Power Density: 3.16 W/m²
 Quantity: 15

Spacing Results [B]

Spacing: 1.8 x 2.4 m
 Arrangement: 3 x 5
 Outside Spacing X: 0.88 m
 Outside Spacing Y: 0.79 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	304	11.72	24
B	300	3.16	15

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
 Suspension Length: 5.5
 Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
 Symbol Length: .03
 Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
 Lumens Per Lamp: 2100
 Wattage: 14

Ilustración 22. Simulación de iluminación a Javelin con LED T8

Pantallas

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 8.5 m
 Width [Y]: 6.83 m
 Height [Z]: 2.29 m
 Workplane: 1 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 70 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2]: m
 Spacing Y [SC=1.7]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [A]

Illuminance: 327 lux
 Power Density: 8.4 W/m²
 Quantity: 15

Spacing Results [A]

Spacing: 1.7 x 2.2 m
 Arrangement: 5 x 3
 Outside Spacing X: 0.84 m
 Outside Spacing Y: 0.62 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	327	8.4	15
B	318	2.17	9

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No	Light Loss Factor	0.9	Symbol Shape	Rectangular	Lamp Quantity	1
Photo Available	Suspension Length	0	Symbol Length	.02	Lumens Per Lamp	2322
	Orientation	0	Symbol Width	1.2	Wattage	32.5

Ilustración 23. Simulación de iluminación a Pantallas con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 8.5 m
 Width [Y]: 6.83 m
 Height [Z]: 2.29 m
 Workplane: 1 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

Ceiling: 55 %
 Walls: 55 %
 Floor: 70 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=1.7]: m
 Spacing Y [SC=1.5]: m
 Rows:
 Columns:

You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [B]

Illuminance: 286 lux
 Power Density: 2.17 W/m²
 Quantity: 9

Spacing Results [B]

Spacing: 2.8 x 2.2 m
 Arrangement: 3 x 3
 Outside Spacing X: 1.44 m
 Outside Spacing Y: 0.62 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	327	8.4	15
B	286	2.17	9

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No	Light Loss Factor	0.9	Symbol Shape	Rectangular	Lamp Quantity	1
Photo Available	Suspension Length	0	Symbol Length	.03	Lumens Per Lamp	2100
	Orientation	0	Symbol Width	1.2	Wattage	14

Ilustración 24. Simulación de iluminación a Pantallas con LED T8

Recibo de materia prima

Settings

Units | Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X] 7.33 m
 Width [Y] 6.8 m
 Height [Z] 6.58 m
 Workplane 1.2 m
 Ceiling Type Open

Room Reflectances

Ceiling 55 %
 Walls 70 %
 Floor 70 %

Criteria

Illuminance 200 lux
 Power Density W/m²
 Quantity

Constraints

Spacing X [SC=2.1] m
 Spacing Y [SC=1.8] m
 Rows
 Columns

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [A]

Illuminance 202 lux
 Power Density 5.87 W/m²
 Quantity 9

Spacing Results [A]

Spacing 2.4 x 2.2 m
 Arrangement 3 x 3
 Outside Spacing X 1.26 m
 Outside Spacing Y 0.6 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	202	5.87	9
B	226	1.69	6

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
 [A] - 42757 6

No	Light Loss Factor 0.9	Symbol Shape Rectangular	Lamp Quantity 1
Photo Available	Suspension Length 4	Symbol Length .02	Lumens Per Lamp 2322
	Orientation 0	Symbol Width 1.2	Wattage 32.5

Ilustración 25. Simulación de iluminación a Recibo de materia prima con F T5

Settings

Units | Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X] 7.33 m
 Width [Y] 6.8 m
 Height [Z] 6.58 m
 Workplane 1.2 m
 Ceiling Type Open

Room Reflectances

Ceiling 55 %
 Walls 70 %
 Floor 70 %

Criteria

Illuminance 200 lux
 Power Density W/m²
 Quantity

Constraints

Spacing X [SC=1.9] m
 Spacing Y [SC=1.6] m
 Rows
 Columns

You can now click and drag to rotate the room

Calculation Results [B]

Illuminance 203 lux
 Power Density 1.69 W/m²
 Quantity 6

Spacing Results [B]

Spacing 2.4 x 3.4 m
 Arrangement 3 x 2
 Outside Spacing X 1.25 m
 Outside Spacing Y 1.1 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	202	5.87	9
B	203	1.69	6

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
 [B] -

No	Light Loss Factor 0.9	Symbol Shape Rectangular	Lamp Quantity 1
Photo Available	Suspension Length 4	Symbol Length .03	Lumens Per Lamp 2100
	Orientation 0	Symbol Width 1.2	Wattage 14

Ilustración 26. Simulación de iluminación a Recibo de materia prima con LED T8

Recursos humanos

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 9.75 m
 Width [Y]: 2.78 m
 Height [Z]: 2.56 m
 Workplane: 0.7 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

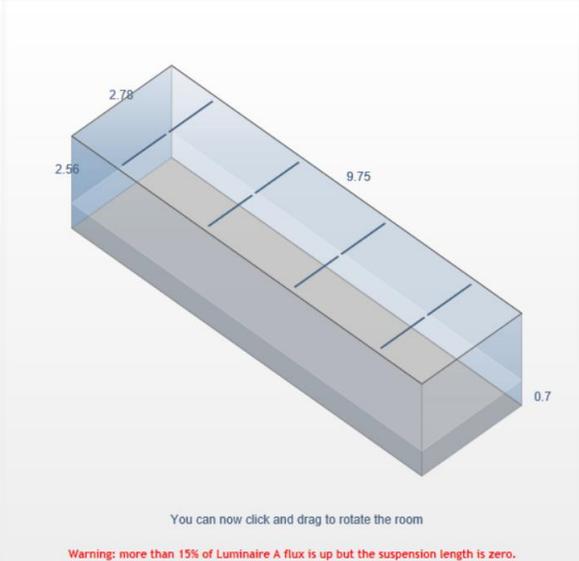
Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.9]: m
 Spacing Y [SC=2.4]: m
 Rows:
 Columns:



You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [A]

Illuminance: 328 lux
 Power Density: 9.59 W/m²
 Quantity: 8

Spacing Results [A]

Spacing: 2.4 x 1.3 m
 Arrangement: 4 x 2
 Outside Spacing X: 1.27 m
 Outside Spacing Y: 0.14 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	328	9.59	8
B	323	2.58	5

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Construlita Lighting International
 [A] - 42757 6

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
 Suspension Length: 0
 Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
 Symbol Length: .02
 Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
 Lumens Per Lamp: 2322
 Wattage: 32.5

Ilustración 27. Simulación de iluminación a Recursos humanos con F T5

Settings

Units: Meters - Lux

Room Dimensions

Length [X]: 9.75 m
 Width [Y]: 2.78 m
 Height [Z]: 2.56 m
 Workplane: 0.7 m
 Ceiling Type: Open

Room Reflectances

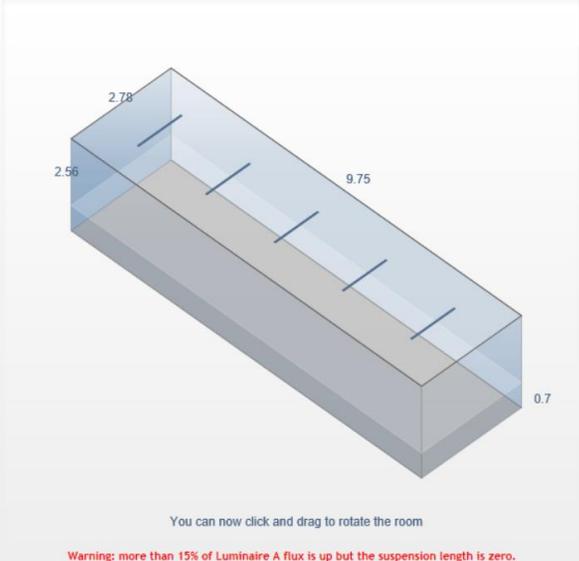
Ceiling: 70 %
 Walls: 70 %
 Floor: 55 %

Criteria

Illuminance: 300 lux
 Power Density: W/m²
 Quantity:

Constraints

Spacing X [SC=2.5]: m
 Spacing Y [SC=2.2]: m
 Rows:
 Columns:



You can now click and drag to rotate the room

Warning: more than 15% of Luminaire A flux is up but the suspension length is zero.

Calculation Results [B]

Illuminance: 291 lux
 Power Density: 2.58 W/m²
 Quantity: 5

Spacing Results [B]

Spacing: 1.9 x 0 m
 Arrangement: 5 x 1
 Outside Spacing X: 1.06 m
 Outside Spacing Y: 0.79 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	328	9.59	8
B	291	2.58	5

Display

Dimensions Room Layout
 Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information

A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
 [B] -

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
 Suspension Length: 0
 Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
 Symbol Length: .03
 Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
 Lumens Per Lamp: 2100
 Wattage: 14

Ilustración 28. Simulación de iluminación a Recursos humanos con LED T8

Suaje y laminado

Settings
Units: Meters - Lux

Room Dimensions
Length [X]: 13.49 m
Width [Y]: 7.5 m
Height [Z]: 2.7 m
Workplane: 0.87 m
Ceiling Type: Open

Room Reflectances
Ceiling: 70 %
Walls: 70 %
Floor: 70 %

Criteria
Illuminance: 300 lux
Power Density: W/m²
Quantity:

Constraints
Spacing X [SC=2.7]: m
Spacing Y [SC=2.2]: m
Rows:
Columns:

Calculation Results [A]
Illuminance: 303 lux
Power Density: 5.78 W/m²
Quantity: 18

Spacing Results [A]
Spacing: 2.2 x 2.5 m
Arrangement: 6 x 3
Outside Spacing X: 1.24 m
Outside Spacing Y: 0.65 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	303	5.78	18
B	312	1.66	12

Display
Dimensions Room Layout
Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information
A B +

Construlita Lighting International
[A] - 42757 6

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
Suspension Length: 0.1
Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
Symbol Length: .02
Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
Lumens Per Lamp: 2322
Wattage: 32.5

Ilustración 29. Simulación de iluminación a Suaje y laminado con F T5

Settings
Units: Meters - Lux

Room Dimensions
Length [X]: 13.49 m
Width [Y]: 7.5 m
Height [Z]: 2.7 m
Workplane: 0.87 m
Ceiling Type: Open

Room Reflectances
Ceiling: 70 %
Walls: 70 %
Floor: 70 %

Criteria
Illuminance: 300 lux
Power Density: W/m²
Quantity:

Constraints
Spacing X [SC=2.5]: m
Spacing Y [SC=2.2]: m
Rows:
Columns:

Calculation Results [B]
Illuminance: 281 lux
Power Density: 1.66 W/m²
Quantity: 12

Spacing Results [B]
Spacing: 3.3 x 2.5 m
Arrangement: 4 x 3
Outside Spacing X: 1.78 m
Outside Spacing Y: 0.65 m

Comparison

Luminaire	LUX	W/M ²	Count
A	303	5.78	18
B	281	1.66	12

Display
Dimensions Room Layout
Show Zonal Cavity Info [+]

Project Information
A B +

Philips Lighting (China) Investment Co., Ltd.
[B] -

No Photo Available

Light Loss Factor: 0.9
Suspension Length: 0
Orientation: 0

Symbol Shape: Rectangular
Symbol Length: .03
Symbol Width: 1.2

Lamp Quantity: 1
Lumens Per Lamp: 2100
Wattage: 14

Ilustración 30. Simulación de iluminación a Suaje y laminado con LED T8

Sistema de oficinas

	Equipo	Cantidad	Marca	Modelo o serie	Tensión [V]	Corriente [A]	Factor de uso	Horas de uso al día	Días de uso al año	Potencia por unidad [kW]	Potencia total [kW]	Consumo estimado anual [kWh]
Cómputo	CPU	1	Dell		120	4.6	0.8	8	305	0.55	0.55	1,077.50
	Monitor	1	Dell		120	1.5	0.8	8	305	0.18	0.18	351.36
	CPU	1	Dell		120	4.6	0.8	8	305	0.55	0.55	1,077.50
	Monitor	1	Dell		120	1.5	0.8	8	305	0.18	0.18	351.36
	Laptop	2	Dell	Inspiron I4 5000	120	1.6	0.8	3	305	0.07	0.13	95.16
	Impresora	1	Brother	DCP-T500W	120	0.45	0.6	0.15	305	0.05	0.05	1.48
	CPU	1			120	4.6	0.8	6	305	0.55	0.55	808.13
	Monitor	1	LG	L1718S			0.8	6	305	0.04	0.04	51.24
	CPU	2	Dell		120	4.6	0.8	6	305	0.55	1.10	1,616.26
	Monitor	2	Dell		120	1.5	0.8	6	305	0.18	0.36	527.04
	CPU	1	LG		120	4.6	0.8	6	305	0.55	0.55	808.13
	Monitor	1	LG	L1718S			0.8	6	305	0.04	0.04	51.24
	CPU	2	Dell		120	4.6	0.8	6	253	0.55	1.10	1,340.70
	Monitor	2	Dell		120	1.5	0.8	6	253	0.18	0.36	437.18
Misceláneos	Cargado de celular	2					0.7	2	305	0.03	0.06	26.90
	Teléfono inalámbrico	1	Steren	POGCE-14012014	6	0.15	0.7	1	305	0.00	0.00	0.19
	Horno microondas	1	LG	MS1140SL	120		0.8	1.2	305	1.45	1.45	424.56
	Horno microondas	1	GE		120		0.8	1.2	305	1.20	1.20	351.36
	Dispensador agua	1					0.7	2.2	305	0.73	0.73	341.47
	Refrigerador	1	Mabe		120	1.69	0.8	5	305	0.18	0.18	222.67
	Teléfono inalámbrico	1	Panasonic	KX-TG4111ME			0.7	0.5	253	0.00	0.00	0.24
Total										9.38	9,961.69	

Tabla 63. Censo de equipos actuales en el sistema de oficinas

Anexo IV. Tarifa eléctrica OM

Tarifa O-M¹⁷

Consultar tarifas de:

Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW

1. Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.

2. Cuotas aplicables

Las cuotas de esta tarifa se obtienen en los términos del *Numeral 7* de las Disposiciones Complementarias a las Tarifas para Suministro y Venta de energía Eléctrica.

3. Mínimo mensual

El importe que resulta de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

4. Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

5. Temporadas de verano y fuera de verano

Para la aplicación de las cuotas en las regiones Baja California y Baja California Sur se definen las siguientes temporadas.

- Verano:

- Región Baja California: del 1 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.
- Región Baja California Sur: del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

- Fuera de verano:

- Región Baja California: del último domingo de octubre al 30 de abril.
- Región Baja California Sur: del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

6. Demanda máxima medida

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

17

https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=OM&Anio=2016&mes=8&imprime=

Cualquier fracción de kilowatt de demanda máxima medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la demanda máxima medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificando al usuario.

7. Depósito de garantía

Resulta de aplicar 2 veces el importe del cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

Solución con tubos LED T8 de alto rendimiento profesional

Master Value LEDtube T8

El tubo profesional Master Value LED es una solución LED de alto rendimiento ideal para la sustitución de lámparas fluorescentes T8 con balasto EM o instalación directa a la red principal. Este producto proporciona un efecto de iluminación uniforme para su uso en iluminación general, así como eficiencia energética instantánea que lo hace respetuoso con el medio ambiente.

Beneficios

- Bajo consumo de energía
- Menor coste de mantenimiento y vida útil superior a la de las lámparas convencionales
- Una manera rápida y sencilla de actualizar las luminarias existentes a la tecnología LED con una sencilla solución retrocompatible lista para usar

Características

- Efecto de luz uniforme
- Estructura sólida
- Se adapta bien a la tecnología convencional
- Fácil instalación
- Alto nivel de eficiencia energética

Aprobación y aplicación	
Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A++
Controles y regulación	
Regulable	No
Operativos y eléctricos	
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Voltaje (nom.)	220-240 V
Hora de inicio (nom.)	0,5 s
Información general	
Base de casquillo	G13
Vida útil nominal (nom.)	50000 h
Vida útil nominal (horas)	50000 h
Ciclo de conmutación	200.000X
Datos técnicos de la luz	
Ángulo de haz (nom.)	240 °
Índice de reproducción cromática -IRC (nom.)	83
Llmf al fin de vida útil nominal (nom.)	70 %
Ángulo de haz nominal	240 °
Temperatura	
Temperatura ambiente (máx.)	45 °C
Temperatura ambiente (mín.)	-20 °C
T de almacenamiento (máx.)	65 °C
T de almacenamiento (mín.)	-40 °C

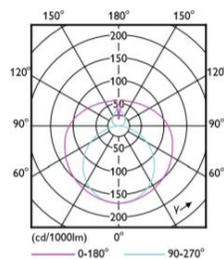
Order Code	Full Product Name	Código de color	Temperatura del color con correlación (nom.)	Flujo lumínico (nom.)	Flujo lumínico (nominal)
64687500	MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 840 T8	840	4000 K	2100 lm	2100 lm
64689900	MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 865 T8	865	6500 K	2100 lm	2100 lm
64691200	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 830 T8	830	3000 K	2900 lm	2900 lm

Order Code	Full Product Name	Código de color	Temperatura del color con correlación (nom.)	Flujo lumínico (nom.)	Flujo lumínico (nominal)
64693600	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 840 T8	840	4000 K	3100 lm	3100 lm
64695000	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 865 T8	865	6500 K	3100 lm	3100 lm

Temperatura

Order Code	Full Product Name	Temperatura máxima (nom.)
64679000	MAS LEDtube VLE 600mm HO 8W 830 T8	50 °C
64681300	MAS LEDtube VLE 600mm HO 8W 840 T8	50 °C
64683700	MAS LEDtube VLE 600mm HO 8W 865 T8	50 °C
64685100	MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 830 T8	55 °C
64687500	MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 840 T8	55 °C
64689900	MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 865 T8	55 °C
64691200	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 830 T8	60 °C
64693600	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 840 T8	60 °C

Order Code	Full Product Name	Temperatura máxima (nom.)
64695000	MAS LEDtube VLE 1500mm HO 20W 865 T8	60 °C



Banco de capacitores



**NUEVO
Producto**

BCAW

Banco de Capacitor Automático.

Las Funciones especiales con las que cuenta, permite adaptarse para cubrir los requerimientos de aplicaciones específicas.

El banco de capacitores WEG incorpora características, altamente eficientes, de la tecnología de los capacitores WEG tipo seco y de contactores para cargas capacitivas con resistencias de precarga. El uso del controlador del Factor de Potencia PFW01 asegura una alta confiabilidad del equipo. Los capacitores WEG cumplen con requerimientos a la norma Europea IEC 831-1/2.

Características:

- Gabinete Nema 1
- Capacitores trifásicos (de acuerdo a la potencia del banco)
- Regulador de kvar marca WEG PFW01, medición básica en rms de V, A, THDi, max. y min.
- Botones Pulsadores de Arranque, Paro y Reset
- Interruptor termomagnético como protección principal
Fusibles o mini interruptores de control
- Seccionadores FSW
- Contactores especiales para cargas capacitivas con resistencias de precarga
- Resistencias de descarga en cada capacitor
- Terminal para conectar transformador de corriente.
- Ventilación Auxiliar con Termostato Ajustable





BCAW

Datos técnicos y tipo.

Tensión	Potencia	Número de pasos	Kvar por pasos	Modelo	Tamaño
	Kvar				
240 V	30	3	10	BCAW 30 kvar 240 V	A
	40	4	10	BCAW 40 kvar 240 V	
	50	5	10	BCAW 50 kvar 240 V	
	60	6	10	BCAW 60 kvar 240 V	
	B	75	5	15	BCAW 75 kvar 240 V
		105	7	15	BCAW 105 kvar 240 V
		135	9	15	BCAW 135 kvar 240 V
	C	150	10	15	BCAW 150 kvar 240 V
		180	6	30	BCAW 180 kvar 240 V
		210	7	30	BCAW 210 kvar 240 V
		240	8	30	BCAW 240 kvar 240 V
	D	270	9	30	BCAW 270 kvar 240 V
		300	10	30	BCAW 300 kvar 240 V
		360	12	30	BCAW 360 kvar 240 V
30		3	10	BCAW 30 kvar 480 V	A
40	4	10	BCAW 40 kvar 480 V		
50	5	10	BCAW 50 kvar 480 V		
60	6	10	BCAW 60 kvar 480 V		
B	75	5	15	BCAW 75 kvar 480 V	
	100	5	20	BCAW 100 kvar 480 V	
	150	6	25	BCAW 150 kvar 480 V	
	175	7	25	BCAW 175 kvar 480 V	
C	200	8	25	BCAW 200 kvar 480 V	
	225	9	25	BCAW 225 kvar 480 V	
	250	5	50	BCAW 250 kvar 480 V	
	300	6	50	BCAW 300 kvar 480 V	
	350	7	50	BCAW 350 kvar 480 V	
	400	8	50	BCAW 400 kvar 480 V	
D	450	9	50	BCAW 450 kvar 480 V	
	500	10	50	BCAW 500 kvar 480 V	
	550	11	50	BCAW 550 kvar 480 V	
	600	12	50	BCAW 600 kvar 480 V	
	750	10	75	BCAW 750 kvar 480 V	

Dimensiones

Tamaño	Altura	Ancho	Profundidad
A	1200 mm	800 mm	300 mm
B	1200 mm	1000 mm	300 mm
C	1800 mm	800 mm	600 mm
D	1800 mm	1200 mm	600 mm

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las empresas	14
Tabla 2. Datos correspondientes al periodo de facturación eléctrica	19
Tabla 3. Cuotas aplicables en el periodo de facturación.....	23
Tabla 4. Costos de facturación estimados por servicio eléctrico	23
Tabla 5. Cargos debidos al bajo factor de potencia	24
Tabla 6. Cargos por consumo eléctrico, demanda eléctrica y bajo factor de potencia	25
Tabla 7. Estimación del factor de carga y costo ponderado	26
Tabla 8. Resumen de medición de tensión en el monitoreo	28
Tabla 9. Resumen de medición de corriente en el monitoreo.....	29
Tabla 10. Resumen de distorsión armónica total en tensión	30
Tabla 11. Resumen de distorsión armónica total en corriente.....	31
Tabla 12. Distorsión armónica en demanda	32
Tabla 13. Resumen de potencia eléctrica demandada	33
Tabla 14. Factor de potencia en monitoreo.....	35
Tabla 15. Consumo estimado en el sistema de fuerza.....	36
Tabla 16. Resumen de demanda y consumo del sistema de fuerza	38
Tabla 17. Resumen de tecnología actual en el sistema de iluminación.....	40
Tabla 18. Tipo de áreas encontradas para el sistema de iluminación	40
Tabla 19. Resumen de potencia y consumo por tipo de luminaria.....	42
Tabla 20. Potencia y consumo por tecnología en el sistema de iluminación.	43
Tabla 21. Características de densidad de potencia eléctrica para alumbrado en la empresa.....	44
Tabla 22. Características de iluminación en la empresa	45
Tabla 23. Resumen de potencia y consumo en el sistema de oficina.....	46
Tabla 24. Resumen de potencia y demanda en el sistema de oficinas.....	47
Tabla 25. Resumen de potencia instalada y consumo eléctrico en el sistema de oficinas.....	48
Tabla 26. Distribución total de la energía	49
Tabla 27. Comparación de consumo estimado	50
Tabla 28. Ahorro energético de baja o nula inversión en el sistema de fuerza.....	54
Tabla 29. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de fuerza	55
Tabla 30. Estimación de nuevo consumo energético y costo por consumo en sistema de fuerza...	55
Tabla 31. Estimación de costo por mantenimiento al sistema de iluminación.....	55
Tabla 32. Sustitución de tecnología actual por tubo fluorescente T5	57
Tabla 33. Resumen sustitución de tecnología actual por fluorescente T5	57
Tabla 34. DPEA estimada por sustitución a tecnología fluorescente T5.....	58
Tabla 35. Iluminación estimada por sustitución a tecnología fluorescente T5.....	58
Tabla 36. Ahorro energético por sustitución a Fluorescente T5.....	59
Tabla 37. Costo por sustitución a tecnología fluorescente T5	59
Tabla 38. Sustitución de tecnología actual por tubo LED T8.....	60
Tabla 39. Resumen sustitución de tecnología actual por tubo LED T8	60
Tabla 40. DPEA estimada por sustitución a tecnología LED T8	60
Tabla 41. Iluminación estimada por sustitución a tecnología LED T8.....	61
Tabla 42. Ahorro energético por sustitución a LED T8.....	61

Tabla 43. Costo por sustitución a tecnología LED T8	62
Tabla 44. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de iluminación.....	62
Tabla 45. Estimación de consumo energético y costo por consumo en el nuevo sistema de iluminación.....	63
Tabla 46. Ahorro por activación de función "ahorro de energía"	63
Tabla 47. Ahorro por desconexión de equipos fuera de horario laboral.....	64
Tabla 48. Ahorro energético de nula inversión en el sistema de oficinas	64
Tabla 49. Consumo actual y ahorro estimado en el sistema de oficinas	64
Tabla 50. Estimación de consumo energético y costo por consumo en el sistema de oficinas	65
Tabla 51. Ahorro estimado en facturación por instalación de banco de capacitores	66
Tabla 52. Ahorro económico mensual y anual por corrección de FP.....	66
Tabla 53. Nueva distribución de la energía	67
Tabla 54. Costo anual total esperado por consumo energético	67
Tabla 55. Comparación energética y económica de distribución nueva con actual.....	67
Tabla 56. Costo total de inversión.....	69
Tabla 57. Resumen final de monitoreo en la acometida eléctrica.....	75
Tabla 58. Estimación de consumo energético anual, facturación eléctrica.....	75
Tabla 59. Censo de equipos actuales en el sistema de fuerza	76
Tabla 60. Características técnicas de tecnología actual en el sistema de iluminación	77
Tabla 61. Análisis de NOM-0007-ENER-2014 en el sistema de iluminación actual	78
Tabla 62. Análisis de NOM-025-STPS-2008 en el sistema de iluminación actual	79
Tabla 63. Censo de equipos actuales en el sistema de oficinas.....	91

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Señal senoidal de la red eléctrica. Ruido eléctrico (Sánchez Huerta, 2006).....	8
Ilustración 2. Variaciones de tensión (Sánchez Huerta, 2006).....	8
Ilustración 3. Forma de onda de tensión con gran distorsión armónica. (Sánchez Huerta, 2006).....	9
Ilustración 4. Relación de potencia	10
Ilustración 5. Pasos para evaluar el desempeño energético.....	15
Ilustración 6. Transformador VOLTRAN en aceite. Placa de datos.	18
Ilustración 7. Conexión del equipo de monitoreo en la acometida principal	27
Ilustración 8. Ejemplo de simulación de iluminación en almacén con software "Visual Lighting 2017"	56
Ilustración 9. Simulación de iluminación a Almacén 1 con F T5	80
Ilustración 10. Simulación de iluminación a Almacén 1 con LED T8	80
Ilustración 11. Simulación de iluminación a Almacén 2 con F T5	81
Ilustración 12. Simulación de iluminación a Almacén 2 con LED T8	81
Ilustración 13. Simulación de iluminación a Comedor con F T5	82
Ilustración 14. Simulación de iluminación a Comedor con LED T8	82
Ilustración 15. Simulación de iluminación a Gerencia de producción con F T5.....	83
Ilustración 16. Simulación de iluminación a Gerencia de producción con LED T8.....	83
Ilustración 17. Simulación de iluminación a Impresión con F T5	84
Ilustración 18. Simulación de iluminación a Impresión con LED T8.....	84
Ilustración 19. Simulación de iluminación a Inspección con F T5	85
Ilustración 20. Simulación de iluminación a Inspección con LED T8	85
Ilustración 21. Simulación de iluminación a Javelin con F T5.....	86
Ilustración 22. Simulación de iluminación a Javelin con LED T8	86
Ilustración 23. Simulación de iluminación a Pantallas con F T5	87
Ilustración 24. Simulación de iluminación a Pantallas con LED T8.....	87
Ilustración 25. Simulación de iluminación a Recibo de materia prima con F T5.....	88
Ilustración 26. Simulación de iluminación a Recibo de materia prima con LED T8	88
Ilustración 27. Simulación de iluminación a Recursos humanos con F T5	89
Ilustración 28. Simulación de iluminación a Recursos humanos con LED T8.....	89
Ilustración 29. Simulación de iluminación a Suaje y laminado con F T5	90
Ilustración 30. Simulación de iluminación a Suaje y laminado con LED T8.....	90

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Demanda de energía eléctrica en el periodo de facturación	19
Gráfica 2. Consumo de energía eléctrica en el periodo de facturación	20
Gráfica 3. Factor de potencia en el periodo de facturación	21
Gráfica 4. Factor de carga en el periodo de facturación.....	22
Gráfica 5. Comparación entre cargo por bajo factor de potencia y el precio total de la energía facturada	25
Gráfica 6. Cargo por consumo, demanda y bajo factor de potencia.	26
Gráfica 7. Tensión monitoreada.....	28
Gráfica 8. Corriente monitoreada en la acometida eléctrica.....	29
Gráfica 9. Distorsión armónica total en tensión	30
Gráfica 10. Distorsión armónica total en corriente.....	31
Gráfica 11. Distorsión armónica total en demanda	32
Gráfica 12. Demanda de energía eléctrica en el periodo de monitoreo.....	33
Gráfica 13. Consumo eléctrico en el periodo de monitoreo.....	34
Gráfica 14. Factor de potencia en el periodo monitoreado.....	35
Gráfica 15. Porcentaje de potencia por equipo de fuerza	37
Gráfica 16. Porcentaje de consumo eléctrico total anual estimado	37
Gráfica 17. Potencia total instalada en el sistema de fuerza	38
Gráfica 18. Consumo total estimado en el sistema de fuerza	38
Gráfica 19. Monitoreo de demanda al compresor.....	39
Gráfica 20. Potencia total instalada según el tipo de área en el sistema de iluminación.....	41
Gráfica 21. Consumo anual estimado según el tipo de área en el sistema de iluminación.....	41
Gráfica 22. Potencia total instalada por tipo de luminaria.	42
Gráfica 23. Consumo anual estimado por tipo de luminaria.	43
Gráfica 24. Potencia total instalada por tecnología actual	43
Gráfica 25. Consumo total estimado por tecnología actual.....	44
Gráfica 26. Potencia total instalada por equipos en el sistema de oficinas.....	47
Gráfica 27. Consumo eléctrico anual estimado por equipos en el sistema de oficinas.....	47
Gráfica 28. Potencia total instalada en el sistema de oficinas.....	48
Gráfica 29. Consumo anual estimado en el sistema de oficinas	48
Gráfica 30. Distribución total de potencia instalada.....	49
Gráfica 31. Distribución total de consumo anual estimado.....	49
Gráfica 32. Ahorro energético anual estimado por equipo en el sistema de fuerza	54
Gráfica 33. Ahorro estimado del consumo actual en el sistema de fuerza	55
Gráfica 34. Consumo eléctrico anual, actual y nuevo según la estimación en el sistema de iluminación.....	63
Gráfica 35. Ahorro energético y económico en el sistema de oficinas.....	64
Gráfica 36. Ahorro estimado del consumo actual en el sistema de oficinas	65
Gráfica 37. Nueva distribución energética anual.....	67
Gráfica 38. Comparación de consumo energético actual con el esperado	68
Gráfica 39. Comparación de costo por consumo energético actual con el esperado	68