



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA**

Juan Pablo González Sandoval

Asesorado por el Ing. José Fernando Cano Estrada

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN PABLO GONZÁLEZ SANDOVAL

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ FERNANDO CANO ESTRADA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

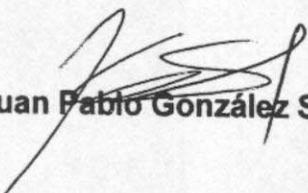
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre 2013.


Juan Fabio González Sandoval

Guatemala, 27 de Julio de 2014

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Presente

Ingeniero Urquizú

Por este medio me dirijo a usted para informarle que he revisado y asesorado el trabajo de graduación del estudiante Juan Pablo González Sandoval, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con carné 2008 15392, cuyo título es: **"EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA MPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA"**.

Con base en la revisión y corrección de dicho trabajo, considero que ha logrado los objetivos propuestos, por lo que apruebo el contenido del mismo.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,



José Fernando Cano Estrada
Ingeniero Industrial
Colegiado 8310

José Fernando Cano Estrada
Ingeniero Industrial
Colegiado 8,310



REF.REV.EMI.149.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Pablo González Sandoval**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6162

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2014.

/mjp



REF.DIR.EMI.218.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **EFICIENCIA ENÉRGICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Pablo González Sandoval**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquízú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2014.

/mgp



Ref. DTG.584-2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED EN UNA ENTIDAD FINANCIERA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Pablo González Sandoval** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Fuente inagotable de toda la sabiduría y conocimiento del Universo.
Mis padres	Benigno González y Yanette Sandoval, quienes han hecho de mí todo lo bueno que puedo ser.
Mis hermanas	Mónica y Andrea González, por su agradable compañía en todo momento.
Mi abuela	Virginia Sandoval, por su ejemplo de esfuerzo, amor y alegría.
Mis tíos	Jorge y Boris Sandoval, por su ejemplo de esfuerzo y perseverancia.
Mis amigos	Diego Mejicano, Naomy García, Iván Morales, Axel Montenegro, Alejandra García, e Irene Estrada, por hacer estos años inolvidables.
Mi asesor	Ing. Fernando Cano, por su apoyo y motivación.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Logramos este sueño juntos.
Mis padres	Por brindarme su amor y todo lo necesario para llegar a este momento.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme la puerta a un universo de sabiduría.
Facultad de Ingeniería	Por regalarme tantas dimensiones de conocimiento.
Mis hermanas	Por animarme siempre a seguir adelante.
Mis amigos	Por convertir los tiempos difíciles en tiempos alegres y especiales.
GELSA	Por su apoyo en la realización del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Entidad financiera.....	1
1.2. Misión	1
1.3. Visión.....	2
1.4. Valores	3
1.5. Competencias.....	4
1.6. Servicios que presta	6
1.7. Mantenimiento	7
1.7.1. Tipos de mantenimiento	7
1.7.1.1. Mantenimiento correctivo.....	7
1.7.1.2. Mantenimiento preventivo.....	7
1.7.2. Mantenimiento de luminarias LED	8
2. SITUACIÓN ENERGÉTICA Y DE ILUMINACIÓN ACTUAL DE LA ENTIDAD FINANCIERA.....	9
2.1. Diagnóstico general del edificio	9
2.2. Diagnóstico general de la iluminación	9
2.2.1. Tipos de luminarias utilizadas actualmente en la entidad	10

2.2.1.1.	Luminaria incandescente mayormente utilizada.....	10
2.2.1.2.	Luminaria fluorescente mayormente utilizada	12
2.2.2.	Tipos de iluminación del edificio.....	14
2.2.2.1.	Iluminación natural del edificio	14
2.2.2.2.	Iluminación artificial del edificio	14
2.3.	Consumos energéticos generados actualmente por las luminarias instaladas en la entidad	16
2.3.1.	Consumo generado por luminaria incandescente instalada	16
2.3.2.	Consumo generado por luminaria fluorescente instalada	17
2.4.	Iluminancia generada actualmente por las luminarias instaladas en la entidad.....	18
2.4.1.	Iluminancia generada por luminaria incandescente instalada.....	18
2.4.2.	Iluminancia generada por luminaria fluorescente instalada	19
2.5.	Costos de consumos y equipos	19
2.5.1.	Costo promedio mensual de consumo eléctrico total medido con equipo de calidad de energía	19
2.5.2.	Valor promedio del sistema de iluminación instalado actualmente	20
2.6.	Vidas útiles de luminarias instaladas en la entidad	21
2.6.1.	Vida útil promedio de luminaria incandescente instalada.....	21
2.6.2.	Vida útil promedio de luminaria fluorescente instalada.....	22

3.	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED	23
3.1.	Luminarias LED equivalentes a instalar.....	23
3.2.	Consumo eléctrico teórico de luminarias equivalentes a instalar	28
3.3.	Iluminancia teórica de luminarias equivalentes a instalar	30
3.4.	Eficiencia energética teórica.....	30
3.5.	Vida útil de las luminarias a instalar	31
3.6.	Costo aproximado de la implementación.....	31
3.6.1.	Costo de luminarias a instalar.....	32
3.6.2.	Costo de materiales.....	32
3.6.3.	Costo de mano de obra	33
3.6.4.	Costo aproximado.....	34
3.7.	Análisis financiero.....	35
3.7.1.	Período de recuperación de la inversión	35
3.7.2.	Vida útil del sistema de iluminación	36
3.7.3.	Período de obtención de utilidad	37
3.7.4.	Utilidad o ganancia obtenida.....	37
3.7.5.	Retorno sobre la inversión (ROI)	38
4.	IMPLEMETACIÓN DE LA PROPUESTA	39
4.1.	Luminarias LED seleccionadas a utilizar	39
4.2.	Consumo eléctrico promedio de luminarias instaladas.....	43
4.3.	Iluminancia promedio de luminarias instaladas	44
4.4.	Costo promedio mensual de consumo eléctrico total medido con equipo de calidad de energía.....	45
4.5.	Vida útil promedio de las luminarias instaladas	46
4.6.	Eficiencia energética obtenida.....	47
4.7.	Garantía de luminarias LED instaladas	48

4.8.	Costo final de la implementación del sistema de iluminación...	48
4.8.1.	Costo final de las luminarias instaladas.....	48
4.8.2.	Costo final de los materiales utilizados	49
4.8.3.	Costo final de mano de obra requerida	50
4.8.4.	Costo total de implementación del sistema de iluminación con tecnología LED	51
4.9.	Análisis financiero final.....	52
4.9.1.	Período real de recuperación de la inversión	52
4.9.2.	Vida útil del sistema de iluminación instalado	53
4.9.3.	Período real de obtención de utilidad	54
4.9.4.	Utilidad o ganancia obtenida	55
4.9.5.	Retorno sobre la inversión final (ROI)	55
4.10.	Cronograma de implementación	56
4.11.	Comparación de mediciones y costos de luminarias convencionales vs. luminarias LED.....	57
4.12.	Beneficios adicionales obtenidos	58
5.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	59
5.1.	<i>Stock</i> de reserva de luminarias	59
5.1.1.	<i>Stock</i> de reserva según vida útil de las luminarias y eventualidades	59
5.1.2.	Costo del <i>stock</i> de reserva	60
5.1.3.	Cuidado del <i>stock</i> de reserva	61
5.2.	Revisión periódica del sistema instalado.....	62
5.2.1.	Periodicidad de evaluación del sistema	63
5.2.2.	Costo de mantenimiento de tableros eléctricos.....	63
5.3.	Empresas generadoras de energías limpias en Guatemala.....	64
5.4.	Indicadores del sistema.....	64

5.4.1.	Indicador de cumplimiento del avance de la instalación.....	65
5.4.2.	Indicador de consumo eléctrico pre y posinstalación.....	66
5.4.3.	Indicador de iluminancia pre y posinstalación.....	67
5.4.4.	Indicador de eficiencia energética pre y posinstalación.....	69
5.4.5.	Indicador de factores influyentes en la eficiencia energética trabajados	70
5.5.	Plan de prevención y control de emergencias eléctricas	75
6.	IMPACTO Y PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE A TRAVÉS DE LA UTILIZACIÓN DE ILUMINACIÓN LED	79
6.1.	Toxicidad provocada por bombillos convencionales y los desechos.....	79
6.2.	Reciclaje de lámparas convencionales y lámparas LED	80
6.3.	Destino de luminarias anteriormente instaladas y recomendaciones	82
6.4.	Reducción de desechos de lámparas al utilizar tecnología LED	82
6.5.	Beneficios aportados al medio ambiente al implementar luminarias de tecnología LED.....	83
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES.....	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo MR16, 50 Watts.....	11
2.	Modelo Par 30, 75 Watts.....	11
3.	Modelo tubo T8, 40 Watts	12
4.	Modelo tubo T8, 20 Watts	13
5.	Modelo ahorrador rosca E27, 27 Watts.....	13
6.	Modelo tubo T8 LED, 13 Watts	25
7.	Modelo tubo T8 LED, 7 W	26
8.	Modelo MR16, 5 W.....	26
9.	Bombillo LED, 8 W	27
10.	Modelo Par 30, 9 W.....	28
11.	Modelo Sonex MR16 5W	39
12.	Modelo Sonex Reflector Par 30 12 W	40
13.	Modelo Sonex T8 1.20 mts 12 W	41
14.	Modelo Sonex T8 0.60 mts 7 W	41
15.	Modelo Sonex Bombillo 8 W	42
16.	Modelo Sonex PL 8 W.....	43
17.	Estructura de un tubo LED	62
18.	Medición de avance de un proyecto.....	65
19.	Gráfica de indicador de consumo pre y posinstalación	67
20.	Gráfica de indicador de iluminancia pre y posinstalación.....	68
21.	Indicador de eficiencia energética pre y posinstalación	70
22.	Distribución de consumo de energía en hospitales.....	71
23.	Distribución de consumo de energía en oficinas.....	72

24.	Distribución de consumo de energía en edificios hoteles	73
25.	Distribución de consumo de energía en edificios comerciales.....	74
26.	Procedimiento de reciclaje de luminarias.....	81
27.	Fuentes primarias de energía utilizadas en Guatemala.....	84

TABLAS

I.	Luminarias fluorescentes e incandescentes instaladas en el edificio	15
II.	Consumo generado por luminaria incandescente instalada	16
III.	Consumo generado por luminaria fluorescente instalada	17
IV.	Iluminancia generada por luminaria incandescente instalada	18
V.	Iluminancia generada por luminaria fluorescente instalada	19
VI.	Valor promedio del sistema de iluminación instalado actualmente	20
VII.	Vida útil promedio de luminaria incandescente instalada	21
VIII.	Vida útil promedio de luminaria fluorescente instalada	22
IX.	Luminarias LED a instalar.....	24
X.	Consumo eléctrico teórico de luminarias LED a instalar.....	29
XI.	Iluminancia teórica de luminarias LED propuestas	30
XII.	Vida útil luminarias LED.....	31
XIII.	Costo estimado de sistema de iluminación LED a instalar	32
XIV.	Costo estimado de materiales a utilizar	33
XV.	Costo estimado de mano de obra.....	34
XVI.	Costo total estimado	35
XVII.	Consumo eléctrico final de luminarias LED instaladas	43
XVIII.	Iluminancia promedio obtenida con luminarias LED	45
XIX.	Costo promedio de energía eléctrica con luminarias LED instaladas	45

XX.	Vida útil luminarias LED instaladas	46
XXI.	Reducción de consumo energético después la implementación de tecnología LED.....	47
XXII.	Costo final de sistema de iluminación LED instalado	49
XXIII.	Costo final de materiales.....	50
XXIV.	Costo final de mano de obra	51
XXV.	Costo total final.....	51
XXVI.	Cronograma de implementación del sistema de iluminación	56
XXVII.	Comparación de mediciones de luminarias convencionales vs. luminarias LED	57
XXVIII.	<i>Stock</i> de reserva de luminarias LED	60
XXIX.	Costos unitarios para <i>stock</i> de reserva	61
XXX.	Medición de avance mensual de la instalación	65
XXXI.	Porcentaje de mejora por tipo de luminaria instalada.....	68
XXXII.	Tamaño y localización de extinguidores.....	76
XXXIII.	Rendimiento de luminarias convencionales vs. LED.....	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
I	Corriente
°C	Grados centígrados
KW	Kilovatio
KWh	Kilovatio hora
m	Metro
m²	Metro cuadrado
%	Porcentaje
P	Potencia
Q	Quetzales
V	Voltaje
W	Watt

GLOSARIO

Bunker	Es un combustible de tipo líquido que es destilado del petróleo. Con frecuencia se utiliza como fuente primaria para la generación de energía eléctrica.
<i>Data logger</i>	Registrador de datos es un dispositivo electrónico que registra datos a través del tiempo.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima.
Eficiencia energética	Obtención de los mismos bienes y servicios energéticos utilizando menor cantidad de energía.
<i>Flicker</i>	Parpadeo es el fenómeno provocado por las lámparas fluorescentes a causa de los ciclos del voltaje.
GELSA	Generadora de Energías Limpias Sociedad Anónima.
Iluminancia	Es la cantidad de luz que incide en la unidad de área y es medida en luxes.
InCyTDe	Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

ISO 14000	Es la norma internacionalmente aceptada que expresa como establecer un sistema de gestión ambiental.
LED	De la sigla inglesa <i>LED: Light-emitting diode</i> : diodo emisor de luz. Es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se aplica potencial eléctrico en él.
NFPA 10	Es la norma para extintores portátiles contra incendios creada por <i>National Fire Protection Association</i> .
ROI	Retorno sobre la inversión.
SIN	Sistema Interconectado Nacional.
SMD	De la sigla inglesa <i>smd: surface mounted device</i> : dispositivo de montaje superficial. Los diodos están montados directamente sobre la superficie de las placas de circuito impreso.
Stock	Existencias, bien poseído por una empresa para su transformación o incorporación al proceso productivo.

OBJETIVOS

General

Mejorar la eficiencia energética a través de la implementación de iluminación con tecnología LED en una entidad financiera.

Específicos

1. Demostrar que la tecnología LED es una alternativa de solución para lograr el ahorro energético.
2. Mostrar la optimización de la iluminación en el edificio administrativo de una entidad financiera.
3. Analizar la posible reducción del pago de consumo eléctrico de esta entidad al implementar luminarias tecnología LED.
4. Determinar los costos de implementación de la tecnología LED y el tiempo en el que se puede recuperar la inversión al reducirse el pago por energía eléctrica mensualmente.
5. Comparar la tecnología LED con los sistemas de bombillos incandescentes y fluorescentes.

6. Determinar consumos, costos, garantías, vidas útiles e impacto al medio ambiente de la utilización de luminarias incandescentes, de descarga y tecnología LED.
7. Promover la reducción de residuos, emisiones nocivas al medio ambiente y el uso de energía con la estrategia de nuevas tecnologías a la vez que se optimiza la iluminación del edificio.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética empieza a ser una práctica empleada a nivel mundial que busca obtener mejores resultados con la misma o menor cantidad de energía utilizada. Se busca la eficiencia energética para reducir costos, optimizar procesos y proteger el medio ambiente.

En toda organización la iluminación juega un rol fundamental en la eficiencia energética, ya que representa un consumo significativo del total de la energía eléctrica utilizada. El presente trabajo de graduación analiza y propone a la tecnología LED como una alternativa de solución para el ahorro energético.

Inicialmente se describe la situación actual de iluminación de una entidad financiera reconocida en el ámbito nacional. Se muestran los riesgos y los costos generados por las luminarias utilizadas. Se da a conocer la propuesta y los posibles beneficios de la implementación de la tecnología LED.

Finalmente se detallan los resultados y los beneficios reales de la utilización, realizando las comparaciones lumínicas, de costos, vidas útiles y eficiencias logradas entre las luminarias convencionales y las lámparas de tecnología LED.

1. GENERALIDADES

El desarrollo del presente trabajo se realizó en una entidad financiera orientada al servicio del guatemalteco individual y colectivo, cuyo respaldo es de años.

1.1. Entidad financiera

La entidad financiera del presente estudio tiene la visión específica de servir especialmente al sector laboral, y con el firme propósito de estimular el desarrollo y el crecimiento de la nación, a través de sólidas herramientas financieras. Es considerado una de las instituciones financieras más importantes del país.

Es un banco que genera confianza a través del manejo responsable de las operaciones, siendo transparente, íntegro y con un profundo respeto hacia las personas.

Brindando préstamos a emprendedores que desarrollan pequeños y medianos proyectos en todo el país y poniendo a disposición de los clientes, una financiera y una aseguradora respaldadas por dicho banco.

1.2. Misión

La misión es el motivo, propósito, fin o razón de ser de la existencia de una empresa u organización. Define lo que pretende cumplir en el entorno o sistema

social en el que actúa, lo que pretende hacer, y él para quién lo va a hacer. La misión debe ser amplia, concreta, motivadora y posible.

Según el tipo de organización será el tipo de misión a plantear, la misión de la entidad financiera es de tipo empresarial debido a que está enfocada a la satisfacción de los clientes, a continuación se muestra dicha misión:

- Misión de entidad financiera

Ofrecer en un solo lugar, de forma fácil y rápida, servicios financieros y de prevención a trabajadores del sector público y privado y empresas formalmente establecidas. Satisfacer a clientes, colaboradores y accionistas, actuando en todo momento de forma proactiva, responsable, íntegra y amable.

1.3. Visión

Se refiere a lo que la empresa quiere crear, la imagen futura de la organización. La visión debe ser una exposición clara que indique hacia dónde se dirige la empresa a largo plazo y en qué se deberá convertir, tomando en cuenta las necesidades y expectativas cambiantes de los clientes y de la aparición de nuevas condiciones del mercado

La importancia de la visión radica en que es una fuente de inspiración para el negocio, representa la esencia que guía la iniciativa y ayuda a trabajar en la misma dirección a todos los que se comprometen en el negocio. La visión de la entidad financiera se muestra a continuación:

- Visión de entidad financiera

Posicionarse dentro de los 5 grupos financieros más importantes del país, comprometiéndose cada día en ser la mejor opción financiera para los trabajadores guatemaltecos.

1.4. Valores

Los valores son aquellos juicios éticos sobre los cuales hay mayor inclinación por el grado de utilidad personal y social. Los valores deben ser los pilares de la organización ya que definen a los miembros y especialmente a los dirigentes.

De la misma forma permiten posicionar una cultura empresarial donde los valores marcan los patrones para la toma de decisiones y son la fuerza impulsadora de cómo realizar el trabajo.

Los valores más importantes que distinguen e identifican a esta entidad financiera serán descritos de forma breve y concisa a continuación:

- Valores de entidad financiera
 - Responsabilidad

Decidir y actuar de forma coherente y congruente con las metas y objetivos establecidos, generando credibilidad y asumiendo las consecuencias de las acciones y decisiones.

- **Integridad**

Actuar de forma honesta, transparente, leal y confidencial, respetando las normas y principios éticos y legales en todo lo que hace.

- **Proactividad**

Mostrar una actitud positiva, tomando la iniciativa y promoviendo la solución de los problemas de manera efectiva, haciendo que las cosas sucedan.

- **Amabilidad**

Dar un trato digno a toda persona, siendo cordial y afectuoso, reconociendo, comprendiendo y compartiendo la situación de los demás como si fuera propio.

1.5. Competencias

Las competencias son las características que resultan al integrar habilidades, conocimientos, experiencias y actitudes, demostrables a través de comportamientos, que le permiten a las personas actuar de acuerdo con los parámetros definidos por la organización y las conducen a un desempeño superior.

- Competencias de entidad financiera

Las competencias más relevantes que han permitido el desarrollo acelerado de esta entidad financiera serán descritas de forma breve y concisa a continuación:

- Trabajo en equipo

Disponibilidad para colaborar y apoyar con el fin de lograr una meta común.

- Orientación al cliente

Satisfacer las necesidades del cliente interno y externo con empatía y trato cordial, a fin de cubrir o superar sus expectativas, en cuanto a tiempo, calidad, costo/precio y disponibilidad de los productos y/o servicios acordados.

- Orientación a los resultados

Cumplir las metas y objetivos en los tiempos establecidos, mediante el compromiso del personal, la entrega de los recursos necesarios y el seguimiento y control de los procesos.

- Liderazgo

Dirigir, organizar, establecer metas, tomar decisiones, empoderar, motivar y persuadir positivamente a un equipo de trabajo, integrando opiniones para el logro de un objetivo común.

1.6. Servicios que presta

Buscando la satisfacción e innovación del mercado financiero guatemalteco ha desarrollado de forma continua y permanente los servicios enunciados a continuación:

- Productos de ahorro:
 - Cuentas de ahorro en moneda nacional y moneda extranjera
 - Cuentas de cheques
 - Depósitos a plazo fijo

- Productos de crédito:
 - Banca de personas
 - Banca de empresas

- Banca electrónica:
 - Banca móvil
 - Banca en línea
 - Tarjeta de débito

- Otros servicios:
 - Pago de servicios públicos
 - Pago de impuestos
 - Recargas de saldo al celular
 - Envío y cobro de remesas
 - Seguros protección familiar
 - Autobancos
 - Cajeros automáticos

1.7. Mantenimiento

La finalidad del mantenimiento en todos los ámbitos es prevenir y reparar desperfectos en forma rápida y económica. El mantenimiento se define como el conjunto de acciones necesarias para mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo las funciones correctamente.

1.7.1. Tipos de mantenimiento

Existen dos tipos de mantenimiento los cuales buscan mantener o mejorar la seguridad, confort, productividad, higiene, e imagen del objeto sobre el cual se desea ejecutar el mismo.

1.7.1.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o se rompió. Cuando se realiza un mantenimiento correctivo el proceso se detiene, por lo que se disminuye el tiempo productivo y por lo tanto la productividad. Es impredecible en cuanto a los gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

1.7.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo o mantenimiento planificado se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Debido a que es un mantenimiento planificado se busca realizarlo en el tiempo ocioso del proceso productivo. Para este tipo de mantenimiento si se pueden calcular los costos y el tiempo de la aplicación.

1.7.2. Mantenimiento de luminarias LED

Las luminarias de tecnología LED son libres de mantenimiento, dado que los componentes son: una fuente, una placa de LEDs y un disipador de calor. En los casos donde se encuentran expuestas a polvo, dióxido de carbono para el caso de la instalación en parqueos, únicamente se deben limpiar cada año para mantener la intensidad lumínica de las mismas.

2. SITUACIÓN ENERGÉTICA Y DE ILUMINACIÓN ACTUAL DE LA ENTIDAD FINANCIERA

El crecimiento de las operaciones ha provocado el máximo aprovechamiento de los espacios y recursos del edificio, al punto de utilizar al límite el diseño eléctrico original, por lo que se consideró necesario realizar el diagnóstico que se presenta a continuación.

2.1. Diagnóstico general del edificio

El edificio administrativo evaluado está ubicado en la zona 10 de la ciudad de Guatemala, cuenta con 10 niveles y 3 sótanos. Con un área de 1 500 metros cuadrados, albergando a 150 colaboradores. El edificio cuenta con 1 656 luminarias distribuidas en todo el edificio. Todos los niveles cuentan con iluminación natural en todo el entorno, excepto los tres sótanos que son utilizados como parqueo de vehículos. Para el caso de los niveles pese a que cuentan con iluminación natural, el 90 % de las oficinas utiliza iluminación artificial debido a la necesidad de persianas y cortinas para que eviten la radiación solar directa. El horario laboral es de 8:00 a 18:00 horas.

2.2. Diagnóstico general de la iluminación

El diagnóstico de la iluminación fue realizado de tal forma que no quedará área sin evaluar, buscando con ello obtener un resultado que pudiera brindar una solución integral y adecuada a las necesidades de cada una de estas.

2.2.1. Tipos de luminarias utilizadas actualmente en la entidad

En el edificio administrativo de esta entidad predominan las lámparas fluorescentes de diferentes modelos, como lo son: los tubos T8 de 40 W de 1.20 m, tubos T8 de 20 W de 0.60 m y ahorradores de 27 W. En menor cantidad cuenta con lámparas incandescentes tales como: MR16 de 50 W y Par 30 de 75 W.

2.2.1.1. Luminaria incandescente mayormente utilizada

Las luminarias incandescentes utilizadas actualmente en el interior del edificio son de tipo MR16 y Par 30.

La lámpara modelo MR16 es un bombillo halógeno incandescente utilizado en el edificio para producir iluminación direccional de intensidad baja a media, se cuenta con veintiún bombillos de este modelo utilizados para iluminar murales y cuadros. El mayor inconveniente de esta luminaria es la alta generación de calor, incluso siendo más eficiente que las bombillas incandescentes tradicionales.

Figura 1. **Modelo MR16, 50 Watts**



Fuente: 1000bulbs: https://c808505.ssl.cf2.rackcdn.com/57006_0dbc85e9e1a499739a9bfb0af8bcdae2ae64a0e8_original_x_600_1328660414.jpg. Consulta: enero de 2014.

La lámpara modelo Par 30 es un bombillo halógeno incandescente utilizado en el edificio para fines decorativos. Se cuenta con dos bombillos instalados en el *lobby* del primer nivel. El reflector de tipo WISO produce un efecto brillante sobre la superficie enfocada.

Figura 2. **Modelo Par 30, 75 Watts**



Fuente: Amazon: <http://ecx.images-amazon.com/images/I/41OVg-8AfkL.jpg>.
Consulta: enero de 2014.

2.2.1.2. Luminaria fluorescente mayormente utilizada

Las luminarias fluorescentes utilizadas actualmente en el interior del edificio son tipo tubo T8 y ahorrador con rosca E27.

El tubo fluorescente modelo T8 de 40 watts es un lámpara fluorescente utilizada para la iluminación de las estaciones de trabajo y pasillos. Se cuenta con novecientos ochenta y siete de ellas. La longitud de este tubo es de 1,20 m.

Figura 3. **Modelo tubo T8, 40 Watts**



Fuente: Traderscity : <http://www.traderscity.com/board/userpix20/13730-Imparas-t8-alta-luz-fluorescente-rpida-40watt-cri86-850-841-835-830-1.jpg>. Consulta: enero de 2014.

El tubo fluorescente modelo T8 de 20 watts es una lámpara fluorescente utilizada para la iluminación de las estaciones de trabajo y pasillos, donde el reticulado del cielo falso es de 0,6 m. Se cuenta con quinientos noventa y siete lámparas instaladas.

Figura 4. **Modelo tubo T8, 20 Watts**



Fuente: Acuarios de pared: <http://www.acuariosdepared.com/WebRoot/StoreES2/Shops/61730630/50AE/204E/53D9/FD75/634F/C0A8/29C0/66F3/lampara-fluorescente-tubo-acuario-iluminacion.jpg>. Consulta: enero de 2014.

El ahorrador rosca E27 de 27 watts es una lámpara fluorescente utilizada principalmente en el área de gradas, elevadores y en menor cantidad en áreas de archivos. Se cuenta con cuarenta y nueve instaladas.

Figura 5. **Modelo ahorrador rosca E27, 27 Watts**



Fuente: Osram: <http://www.osram.es/media/resource/hoverimage/330265/dulux-superstar-micro-twist-14w-220-240v-e27.jpg>. Consulta: enero de 2014.

2.2.2. Tipos de iluminación del edificio

Dentro del diagnóstico se encontró que predomina la iluminación artificial sobre la natural, debido a la necesidad de adecuar y moderar la iluminación en la búsqueda de un ambiente laboral adecuado.

2.2.2.1. Iluminación natural del edificio

El edificio cuenta con iluminación natural en todo el entorno, lo que significa que aquellos puestos de trabajo ubicados en el perímetro del mismo reciben en dos de los cuatro lados dicha iluminación de forma directa y en los otros dos de forma indirecta, ya sea por la mañana o por la tarde. Esto hace necesario bloquear la radiación solar por medio de persianas y cortinas, lo cual reduce la iluminación y obliga el uso de luz artificial durante ciertos períodos del día.

2.2.2.2. Iluminación artificial del edificio

La iluminación artificial del edificio se encuentra compuesta por un total de 1 656 lámparas fluorescentes e incandescentes de diferentes tipos, distribuidas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla I. **Luminarias fluorescentes e incandescentes instaladas en el edificio**

Nivel	Tipo de luminaria instalada					Total de luminarias por nivel
	Modelo tubo T8, 40 W	Modelo tubo T8, 20 W	Modelo MR16, 50 W	Modelo Ahorrador rosca E27, 27 W	Modelo Par 30, 75 W	
Uno	88	9	5	2	2	106
Dos	100	63	3	17		183
Tres	92	39				131
Cuatro	67	39		8		114
Cinco	88	78	1			167
Seis	112	27	3			142
Siete		240	6	1		247
Ocho	99	60				159
Nueve	168	18	3			189
Diez	60	24				84
Sótano uno	25					25
Sótano dos	25					25
Sótano tres	21					21
Gradas y elevadores	42			21		63
Total de luminarias por modelo	987	597	21	49	2	1 656

Fuente: elaboración propia.

2.3. Consumos energéticos generados actualmente por las luminarias instaladas en la entidad

De acuerdo a las lámparas instaladas en cada uno de los niveles, sótanos, y las diferentes áreas dentro del edificio se realizó un inventario que permitió establecer que la carga total instalada es de 53 943 watts equivalente a 449,525 amperios.

2.3.1. Consumo generado por luminaria incandescente instalada

El total de lámparas incandescentes instaladas en el interior del edificio generan un consumo total de 1 200 watts equivalente a 10 amperios. Lo más importante de este análisis es que los bombillos incandescentes son los que generan mayor cantidad de calor al punto, que un MR16 puede alcanzar los 230 °C, aumentando también la temperatura promedio del ambiente.

Tabla II. **Consumo generado por luminaria incandescente instalada**

Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias instaladas	Potencia total por tipo de luminaria (Watts)
Modelo MR16, 50 W	21	1 050
Modelo Par 30, 75 W	2	150
Total	23	1 200

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Consumo generado por luminaria fluorescente instalada

El total de lámparas fluorescentes instaladas en el interior del edificio generan un consumo total de 52 743 watts equivalente a 439,53 amperios.

Tabla III. Consumo generado por luminaria fluorescente instalada

Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias instaladas	Potencia total por tipo de luminaria (Watts)
Modelo tubo T8, 40 W	987	39 480
Modelo tubo T8 , 20 W	597	11 940
Modelo ahorrador rosca E27, 27 W	49	1 323
Total	1 633	52 743

Fuente: elaboración propia.

$$P = VI$$

Siendo

P = potencia

V = voltaje

I = corriente

A = amperios

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{52\,743\text{ W}}{120\text{ V}} = 439,53\text{ A}$$

2.4. Iluminancia generada actualmente por las luminarias instaladas en la entidad

La cantidad de flujo luminoso sobre las superficies por unidad de área se midió con un luxómetro. La iluminancia actual es deficiente e irregular en algunas áreas.

2.4.1. Iluminancia generada por luminaria incandescente instalada

Utilizando un luxómetro se midieron diferentes áreas iluminadas por los dos tipos de bombillos incandescentes instalados, agrupando las mediciones por tipo de luminaria para poder obtener un promedio según cada modelo utilizado.

Tabla IV. **Iluminancia generada por luminaria incandescente instalada**

Tipo de luminaria	Iluminancia plano útil (luxes)
Modelo MR16, 50 W	136,20
Modelo Par 30, 75 W	213.45

Fuente: elaboración propia.

Estas luminarias están dirigidas básicamente hacia las paredes, lo que significa que el uso es indirecto y por lo tanto, puramente estético.

2.4.2. Iluminancia generada por luminaria fluorescente instalada

Se midieron diferentes áreas iluminadas por los tres tipos de bombillos fluorescentes instalados, agrupando las mediciones por tipo de luminaria para poder obtener un promedio según cada modelo utilizado.

Tabla V. Iluminancia generada por luminaria fluorescente instalada

Tipo de luminaria	Iluminancia plano útil (luxes)
Modelo tubo T8, 40 W	101,25
Modelo tubo T8, 20 W	69,5
Modelo Ahorrador rosca E27, 27 W	72,43

Fuente: elaboración propia.

2.5. Costos de consumos y equipos

Para poder realizar un análisis real de la reducción de costos es necesario establecer los costos de los equipos instalados actualmente y el costo que genera la utilización de los mismos.

2.5.1. Costo promedio mensual de consumo eléctrico total medido con equipo de calidad de energía

Se instaló un equipo de calidad de energía *Data Logger* en el tablero principal del edificio analizado, se programó para que almacenará datos cada 15 minutos, esto para obtener parámetros similares al medidor de la EEGSA.

Se midió durante un período de una semana completa, lo cual permite obtener días típicos para lograr un total de 672 registros. El consumo eléctrico total durante dicho período fue de 9 527,723 KWh. Al dividir dicho valor en los 7 días de la medición, se obtiene un total de 1 361,10 KWh diarios. Finalmente, si se multiplica este último valor por 30 (días promedio mes) se obtiene un total de 40 833,10 KWh en un mes típico. Esto se multiplica por el costo de Q. 2,20/kWh, por lo que se obtendría una facturación mensual de Q. 89 832,82.

2.5.2. Valor promedio del sistema de iluminación instalado actualmente

Los precios se obtuvieron del proveedor más surtido y con más tiendas a nivel del país. Estos precios varían de acuerdo a la tasa de cambio del quetzal con respecto al dólar estadounidense. Se obtuvieron en el mes de enero 2014.

Tabla VI. **Valor promedio del sistema de iluminación instalado actualmente**

Tipo de luminaria	Cantidad instalada	Precio Q	Precio total Q
Modelo MR16, 50 W	21	Q. 5,95	Q. 124,95
Modelo Par 30, 75 W	2	Q. 18,80	Q. 37,60
Modelo tubo T8, 40 W	987	Q. 8,95	Q. 8 833,65
Modelo tubo T8, 20 W	597	Q. 13,10	Q. 7 820,70
Modelo ahorrador rosca E27, 27 W	49	Q. 24,40	Q. 1 195,60
Total	1 656		Q. 18 012,50

Fuente: elaboración propia.

2.6. Vidas útiles de luminarias instaladas en la entidad

La vida útil de las luminarias instaladas en la entidad financiera varía según el tipo, el modelo y el fabricante. Esta, en realidad tiende a ser menor que la establecida por el fabricante debido al número de veces que se encienden y apagan, mientras que durante las pruebas de los fabricantes éstas permanecen encendidas hasta presentar alguna falla.

2.6.1. Vida útil promedio de luminaria incandescente instalada

Las vidas útiles de las luminarias incandescentes instaladas en la entidad se obtuvieron del tiempo establecido por el fabricante. Este tiempo es relativamente corto, debido a las propiedades físicas del filamento de tungsteno, el cuál al calentarse (y emitir luz y calor) va perdiendo las propiedades originales hasta alcanzar el punto de ruptura.

Tabla VII. Vida útil promedio de luminaria incandescente instalada

Tipo de luminaria	Vida útil (horas)	Vida útil (jornada laboral, 10 h)
Modelo MR16, 50 W	1 000	100
Modelo Par 30 , 75 W	1 000	100

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Vida útil promedio de luminaria fluorescente instalada

Las vidas útiles de las luminarias fluorescentes instaladas en la entidad se obtuvieron del tiempo establecido por el fabricante. Estas, a diferencia de las incandescentes tienen una vida útil mayor que va desde tres y hasta ocho veces mayor que las incandescentes.

Tabla VIII. Vida útil promedio de luminaria fluorescente instalada

Tipo de luminaria	Vida útil (horas)	Vida útil (jornada laboral, 10 h)
Modelo tubo T8, 40 W	6 000	600
Modelo tubo T8, 20 W	5 000	500
Modelo ahorrador rosca E27, 27 W	8 000	800

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED

La tecnología LED promete ser una alternativa eficiente debido a que “Las características fundamentales que están haciendo tan interesantes los LEDs para la iluminación son el bajo consumo y la alta eficiencia por lo que una gran parte de la energía que consumen es transformada en luz”.¹

La propuesta para la implementación de iluminación LED se presentó a la alta gerencia de la entidad financiera con el fin de que se evaluaran los posibles ahorros que se obtendrán con dicha implementación. Asimismo, se pretende obtener beneficios adicionales, logrando disminuir la corriente sobre el cableado existente (la cual, actualmente está fuera de los rangos recomendables): el consumo eléctrico y la temperatura en los conductores disminuyen, aumentando de esa manera la vida útil.

3.1. Luminarias LED equivalentes a instalar

De acuerdo al inventario y características de las diferentes luminarias instaladas en los diferentes niveles y sótanos de la entidad financiera se estableció que lo recomendado a instalar es:

¹ GAGO, Alfonso; FRAILE, Jorge. *Iluminación con tecnología LED*. p. 70.

Tabla IX. **Luminarias LED a instalar**

Nivel	Modelo tubo T8, 13 W	Modelo tubo T8, 7 W	Modelo MR16, 5 W	Bombillos, 8 W	Modelo Par 30, 9 W	Total de luminarias por nivel
Uno	88	9	5	2	2	106
Dos	100	63	3	17		183
Tres	92	39				131
Cuatro	67	39		8		114
Cinco	88	78	1			167
Seis	112	27	3			142
Siete		240	6	1		247
Ocho	99	60				159
Nueve	168	18	3			189
Diez	60	24				84
Sótano uno	25					25
Sótano dos	25					25
Sótano tres	21					21
Gradas y elevadores	42			21		63
Total de luminarias por modelo	987	597	21	49	2	1 656

Fuente: elaboración propia.

El tubo T8 LED de 13 watts es una lámpara técnicamente equivalente al tubo T8 de 40 watts fluorescente, cuyas características lumínicas permiten brindar una iluminación más eficiente, y un consumo teórico de 67,50 % menos que la lámpara fluorescente. La longitud de este tubo es de 1,20 m. Se instalarán novecientos ochenta y siete tubos.

Figura 6. **Modelo tubo T8 LED, 13 Watts**



Fuente: Mataronense: http://www.mataronense.com/726-large_default/tubo-de-led-90cm-t8-13w-1380-lumens-6000-k.jpg. Consulta: enero de 2014.

El tubo T8 LED de 7 watts es una lámpara técnicamente equivalente al tubo T8 de 20 watts fluorescente, cuyas características lumínicas permiten brindar una iluminación más eficiente, y un consumo teórico de 65 % menos que su contraparte fluorescente. Se utilizarán para la iluminación de las estaciones de trabajo y pasillos donde el reticulado del cielo falso es de 0,6 m. Se instalarán quinientos noventa y siete tubos.

Figura 7. **Modelo tubo T8 LED, 7 W**



Fuente: Greelife: <http://www.greelife.com/UpProduct/20136141747729QQ%E9%8E%B4%EE%81%84%E6%B5%9820130402103138.jpg>. Consulta: enero de 2014.

La lámpara modelo MR16 LED de 5 watts se utilizará para producir iluminación direccional de intensidad baja. Se instalarán veintiuno de este modelo para iluminar murales y cuadros.

Figura 8. **Modelo MR16, 5 W**



Fuente: Peplux: <http://www.peplux.com/images/c13.jpg>. Consulta: enero de 2014.

El bombillo de 8 Watts LED se utilizará principalmente en el área de gradas, elevadores y en una menor cantidad en áreas de archivos. Se instalarán cuarenta y nueve unidades.

Figura 9. **Bombillo LED, 8 W**



Fuente: Szbvled: <http://www.szbvled.es/2-led-light/1-3-2b.jpg>. Consulta: febrero de 2014.

El reflector Par 30 de 9 watts LED se utilizará para sustituir reflectores Par 30 incandescentes de 75 watts, lo que beneficiará con un ahorro del 88 % del consumo original. Se instalarán dos reflectores de este modelo.

Figura 10. **Modelo Par 30, 9 W**



Fuente: Eaglelight: http://www.eaglelight.com/media/img/ledinsider/W1296-H1293-Bffffff/bulbpar30/par30_e27_9w7_60_d_par30_can_light_bulb_led_top.jpg. Consulta: marzo de 2014.

3.2. Consumo eléctrico teórico de luminarias equivalentes a instalar

El total de las lámparas LED a instalar en el interior del edificio generará un consumo total de 17 525 watts equivalente a 146,04 amperios.

Tabla X. Consumo eléctrico teórico de luminarias LED a instalar

Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias a Instalar	Potencia total por tipo de luminaria (Watts)
Modelo T8, 13 W	987	12 831
Modelo T8, 7 W	597	4 179
Modelo MR16, 5 W	21	105
Bombillos, 8 W	49	392
Modelo Par 30, 9 W	2	18
Total	1 656	17 525

Fuente: elaboración propia.

$$P = VI$$

Siendo

P = potencia

V = voltaje

I = corriente

A = amperios

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{17\,525\text{ W}}{120\text{ V}} = 146,04\text{ A}$$

3.3. Iluminancia teórica de luminarias equivalentes a instalar

Las iluminancias teóricas de los modelos de las luminarias propuestas a instalar son las especificaciones técnicas obtenidas en las pruebas de laboratorio que el fabricante realiza, las cuales varían en la práctica debido a las condiciones en el ambiente donde se pretende serán instaladas.

Tabla XI. Iluminancia teórica de luminarias LED propuestas

Tipo de luminaria	Iluminancia plano útil (luxes)
Modelo T8, 13 W	140
Modelo T8, 7 W	75
Modelo MR16, 5 W	54
Bombillos, 8 W	58
Modelo Par 30, 9 W	270

Fuente: elaboración propia.

3.4. Eficiencia energética teórica

De acuerdo a la capacidad instalada en iluminación se espera reducir un 65 % el consumo en esta área, pero debido a que el edificio de la entidad financiera no cuenta con tableros específicos de iluminación se realizará una medición de la carga total actual y de llevarse a cabo la instalación de luminarias LED se realizará una segunda medición al momento de concluir la instalación con tecnología LED, esperando de acuerdo a experiencias anteriores obtener una reducción mínima del 20 % del consumo total.

3.5. Vida útil de las luminarias a instalar

Las vidas útiles de las luminarias LED a instalar se obtuvieron del tiempo establecido por el fabricante. De acuerdo a la dimensión del disipador de calor entre más pequeña es la luminaria más pequeño será este, por lo cual, en algunos casos, la vida útil se ve reducida.

Tabla XII. Vida útil luminarias LED

Tipo de luminaria	Vida útil (horas)
Modelo T8, 13 W	40 000
Modelo T8, 7 W	40 000
Modelo MR16, 5 W	25 000
Bombillos, 8 W	30 000
Modelo Par 30, 9 W	30 000

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior la vida útil promedio de las lámparas a utilizar en este edificio se calculó y es de 33 000 horas.

3.6. Costo aproximado de la implementación

El costo aproximado de la implementación de iluminación con tecnología LED incluye el costo de las luminarias, costo de materiales y costo de mano de obra. Cuya integración da un monto estimado de Q. 508 693,06. A continuación se muestra el detalle de cada uno de estos rubros.

3.6.1. Costo de luminarias a instalar

El costo total de las lámparas a instalar se estima en Q. 491 428,00. Estos precios fueron obtenidos de la cotización presentada a la entidad financiera luego de realizar el inventario final de manera acuciosa en toda y cada una de las áreas del edificio.

Tabla XIII. Costo estimado de sistema de iluminación LED a instalar

Tipo de luminaria	Cantidad a instalar	Precio Q	Precio total Q
Modelo T8, 13 W	987	Q. 365,00	Q. 360 255,00
Modelo T8, 7 W	597	Q. 195,00	Q. 116 415,00
MR16, 5 W	21	Q. 99,00	Q. 2 079,00
Bombillos, 8 W	49	Q. 249,00	Q. 12 201,00
Modelo Par 30, 9 W	2	Q. 239,00	Q. 478,00
Total	1 656		Q. 491 428,00

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Costo de materiales

La implementación de tecnología LED busca reutilizar lo existente para minimizar la inversión total, lo que significa sustituir tubos fluorescentes por tubos LED, bombillos rosca E27 fluorescentes por bombillos LED, ojos de buey dicroicos por ojos de buey LED y reflectores par 30 incandescentes por reflectores par 30 LED. Lo que dará como resultado una pequeña inversión en porta bases, bases, cable, tornillos y cinta de aislar.

Tabla XIV. **Costo estimado de materiales a utilizar**

Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bases	3 060	Q. 5,00	Q. 15 300,00
Cable paralelo calibre 18 (cajas)	3	Q. 275,80	Q. 744,66
Cinta de aislar	27	Q. 39,20	Q. 1 058,40
Tornillos punta de broca de 1/2"	450	Q. 0,36	Q. 162,00
Total			Q. 17 265,06

Fuente: elaboración propia.

3.6.3. Costo de mano de obra

El costo total de mano de obra presupuestado es de Q. 62 551,78, dato proveído por el supervisor. Este monto está conformado por mano de obra directa e indirecta, transporte, imprevistos y la utilidad de la empresa. El tiempo estimado para dicha implementación es de 35 días, con 4 instaladores y 1 supervisor. Este costo puede variar de acuerdo al tiempo real de ejecución. Los imprevistos representan un 10 % adicional de la mano de obra y el transporte estimado. El total a cotizar incluye un 30 % de ganancia de la empresa.

Tabla XV. Costo estimado de mano de obra

Rubros	Total Estimado
Días	35
Supervisión	1
Técnicos	4
Mano de Obra	Q. 42 542,50
Supervisión	Q. 12 512,50
Instaladores	Q. 30 030,00
Transporte	Q. 1 200,00
Combustible	Q. 1 200,00
Imprevistos	Q. 4 374,25
Subtotal	Q. 48 116,75
Total a Cotizar	Q. 62 551,78

Fuente: elaboración propia.

3.6.4. Costo aproximado

El costo aproximado es la integración del total de las luminarias a instalar, los materiales adicionales necesarios para llevar a cabo la instalación y el costo total de la mano de obra. Este costo puede variar por diferencia en la cantidad de luminarias instaladas, días efectivos en la ejecución de la instalación, totalidad de los materiales a utilizar y los imprevistos que puedan surgir durante el avance de la instalación. El costo total estimado es de Q. 508 693,06 a continuación se muestra el detalle de cómo se obtiene dicha integración:

Tabla XVI. **Costo total estimado**

Tipo de costo	Costo
Sistema de iluminación	Q. 491 428,00
Materiales	Q. 17 265,06
Mano de obra	Q. 62 551,78
Total	Q. 508 693,06

Fuente: elaboración propia.

3.7. Análisis financiero

Realizar el análisis financiero permitirá tener una visión más amplia de los beneficios económicos de llevar a cabo la implementación del sistema. Asimismo, un análisis financiero contiene varias herramientas que permiten alertar si una determinada inversión conllevará pérdidas, y por lo tanto el inversionista puede decidir no ejecutarlo. Debido a la naturaleza de esta inversión se analizará el período de recuperación de la inversión, la utilidad total, para la cual es necesario calcular la vida útil del sistema de iluminación y el porcentaje de retorno sobre la inversión inicial.

3.7.1. Período de recuperación de la inversión

Para calcular el período de recuperación, de lo que se considera invertir, se tiene como único dato real la medición de calidad de energía, la cual permite establecer el monto por consumo de energía eléctrica pagado en quetzales mensualmente (Q. 89 832,82) y las siguientes premisas: porcentaje de ahorro estimado mensual del 20 %, según experiencias anteriores, siendo Q. 71 866,26 el costo del consumo esperado. Por lo tanto se obtendría un ahorro mensual de Q. 17 966,56.

$$PR = \frac{\text{Costo total}}{\text{Ahorro con la implementación del sistema}}$$

$$PR = \frac{Q. 508\,693,06}{\frac{Q. 17\,966,56}{\text{mes}}}$$

$$PR = 28,31 \text{ meses}$$

El período de recuperación de la inversión será de 2,36 años. Luego de este período el ahorro generado se considerara como utilidad para la entidad.

3.7.2. Vida útil del sistema de iluminación

Para el inversionista es de carácter básico conocer el tiempo estimado de funcionamiento del sistema en el cual invertirá. La vida útil del sistema se estima en un promedio de 33 000 horas. Lo que equivale a 13,75 años de uso según los horarios laborales de la entidad.

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{promedio de vida util de luminarias}}{\text{horas de utilización anuales segun horario laboral}}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{33\,000 \text{ horas}}{10 \frac{\text{horas}}{\text{día laboral}} \times 20 \frac{\text{días laborales}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{33\,000 \text{ horas}}{2\,400 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Vida útil} = 13,75 \text{ años}$$

El sistema de iluminación tendrá una vida útil estimada de 13,75 años, finalizada la instalación se empezarán a obtener ahorros mensuales durante este tiempo.

3.7.3. Período de obtención de utilidad

El periodo de obtención de utilidad será aquel en el cual la entidad únicamente empezará a obtener los ahorros del sistema instalado. Por lo que el tiempo en el que se generaran utilidades será la diferencia entre la vida útil del sistema y el periodo de recuperación de la inversión.

Período de obtención de utilidad = Vida útil del sistema – Período de recuperación

Período de obtención de utilidad = 13,75 años – 2,36 años

Período de obtención de utilidad = 11,39 años

El período donde la entidad generara ahorros mensualmente será de 11,39 años.

3.7.4. Utilidad o ganancia obtenida

Conociendo el período de utilidad mensual y el tiempo en el que se generarán ahorros se puede calcular el ahorro total estimado al llevar a cabo la instalación del sistema de iluminación con tecnología LED.

Utilidad neta o ganancia total = período de utilidad * utilidad anual

Utilidad neta o ganancia total = 11,39 años * $\frac{\text{Q. } 17\,966,56}{\text{mes}}$ * 12 $\frac{\text{meses}}{\text{año}}$

$$\text{Utilidad neta o ganancia total} = 11,39 \text{ años} * \frac{\text{Q. 215 598,72}}{\text{año}}$$

$$\text{Utilidad neta o ganancia total} = \text{Q. 2 455 669,42}$$

La utilidad estimada obtenida a través de los ahorros mensuales será de Q. 2 455 669,42.

3.7.5. Retorno sobre la inversión (ROI)

El ROI o retorno sobre la inversión es una medida de rentabilidad de una inversión particular. Los inversionistas lo utilizan como una medida de aceptación o rechazo para aceptar o rechazar una financiación. Según la utilidad neta o ganancia total se puede calcular el ROI.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Utilidad neta} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} * 100$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Q. 2 455 669,42} - \text{Q. 508 693,06}}{\text{Q. 508 693,06}} * 100$$

$$\text{ROI} = 382,74$$

El ROI teórico tiene un valor de 382,74, es decir que la inversión tiene una rentabilidad del 382,74 %.

4. IMPLEMETACIÓN DE LA PROPUESTA

Luego de la aprobación de la entidad financiera se realizó la compra de los materiales y se retiraron de la almacenadora las luminarias para trasladarlas a la bodega asignada temporalmente por la entidad. La implementación de las lámparas se concluyó en 30 días de los 35 programados.

4.1. Luminarias LED seleccionadas a utilizar

Las luminarias incandescentes y fluorescentes se sustituyeron por luminarias LED equivalentes marca Sonex.

El MR16 de 5 W LED es un ojo de buey diseñado con larga vida útil y alta eficiencia lumínica, y así brindar una iluminación en los diferentes ambientes donde se requiera estilo, color y ángulo.

Figura 11. **Modelo Sonex MR16 5W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

El Sonex Par 30 de 12 W es un reflector cuyas características permiten sustituir al Par 30 incandescente, con la ventaja que está diseñado con ángulos que van desde 30 hasta 120 grados, dependiendo de la aplicación. Por el uso dado en la entidad, los de 60 grados fueron los que mejor se acomodaron.

Figura 12. **Modelo Sonex Reflector Par 30 12 W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

El tubo Sonex T8 de 12 W cuenta con dos filas de LEDs del tipo SMD, un disipador de aluminio de alta densidad y en el interior con una fuente de alta calidad, unidos los tres elementos dan una excelente iluminación, una buena disipación de calor y un buen factor de potencia. La longitud de este tubo es de 1,20 m.

Figura 13. **Modelo Sonex T8 1.20 mts 12 W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

El tubo Sonex T8 de 7 W posee las mismas características de diseño y fabricación del Sonex de 12 W anteriormente descrito, cuya única variante es la longitud que es de 0,6 m y la aplicación es para cielo falso con reticulado de 2 por 2 pies.

Figura 14. **Modelo Sonex T8 0.60 mts 7 W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

El bombillo LED Sonex rosca E27 de 8W es el remplazo directo de los ahorradores fluorescentes de 27 W instalados en gradas, elevadores y en menor cantidad en áreas de archivos.

Figura 15. **Modelo Sonex Bombillo 8 W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

El PL Sonex de 8 W con rosca E27 sustituyó ahorradores fluorescentes de 27 W ubicados en lámparas tipo ojo de buey, diseñadas de forma que la luminaria quede ubicada de forma horizontal.

Figura 16. **Modelo Sonex PL 8 W**



Fuente: Oficinas de GELSA.

4.2. **Consumo eléctrico promedio de luminarias instaladas**

De acuerdo al total de luminarias instaladas el consumo eléctrico promedio es de 26 237 watts, equivalente a 218,64 amperios.

Tabla XVII. **Consumo eléctrico final de luminarias LED instaladas**

Tipo de luminaria	Cantidad instalada	Potencia total por tipo de luminaria (Watts)
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	1 302	15 624
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7 W	378	2 646
Modelo Sonex PL, 8 W	3	24
Modelo Sonex MR16, 5 W	35	175
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	88	7 744
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	2	24
Total	1 843	26 237

Fuente: elaboración propia.

$$P = VI$$

Donde

P = potencia

V = voltaje

I = corriente

A = amperios

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{26\,237\text{ W}}{120\text{ V}} = 218,64\text{ A}$$

4.3. Iluminancia promedio de luminarias instaladas

Las iluminancias obtenidas de las mediciones realizadas luego de la nueva instalación de las luminarias fueron similares a las especificadas por el fabricante, considerándose que las diferencias fueron afectadas por el ambiente en que fueron instaladas, siendo factores de altura y en algunos casos por la cercanía a las ventanas que proporcionan iluminación natural. Cabe resaltar que no fue autorizado realizar mediciones nocturnas.

Tabla XVIII. **Iluminancia promedio obtenida con luminarias LED**

Tipo de luminaria	Iluminancia plano útil (luxes)
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	238
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7W	143
Modelo Sonex PL, 8 W	63
Modelo Sonex MR16, 5 W	53
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	118
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	128

Fuente: elaboración propia.

4.4. **Costo promedio mensual de consumo eléctrico total medido con equipo de calidad de energía**

Para obtener el costo promedio mensual de consumo eléctrico, se realizó una medición con el equipo de calidad de energía durante un periodo de 7 días calendario con intervalos de 15 minutos, ya que el medidor de la empresa proveedora de energía así está programado. El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XIX. **Costo promedio de energía eléctrica con luminarias LED instaladas**

Período	KWh con LED	Costo promedio estimado de KWh (Q)	Total estimado (Q)
7 días	6 976,261	2,20	15 347,77
Prom diario	996,61	2,20	2 192,54
Prom mensual	29 898,26	2,20	65 776,17

Fuente: elaboración propia.

El dato total obtenido del equipo de calidad de energía durante los siete días fue de 6 976,26 KWh, al dividirlo dentro de siete se obtiene el promedio diario, que es de 996,61 KWh; este a su vez, al multiplicarlo por treinta da el resultado mensual deseado: 29 898,26 KWh. El costo promedio mensual de consumo eléctrico se obtiene al multiplicarlo por el costo de KWh estimado que es de Q. 2,20, dando un costo total mensual de Q. 65 776,17.

4.5. Vida útil promedio de las luminarias instaladas

Se considera que la vida útil promedio de las luminarias a instalar estará dentro de los parámetros establecidos por el fabricante, ya que el voltaje entregado por el proveedor de energía eléctrica es bastante estable y se estas condiciones contribuyen para alcanzar lo especificado en las hojas de datos.

Tabla XX. Vida útil luminarias LED instaladas

Tipo de luminaria	Vida útil (horas)	Vida útil (jornada laboral, 10 h)
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	40 000	4 000
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7W	40 000	4 000
Modelo Sonex PL, 8 W	25 000	2 500
Modelo Sonex MR16, 5 W	25 000	2 500
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	33 000	3 300
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	35 000	3 500

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior la vida útil promedio de las lámparas a utilizar en este edificio es de 33 000 horas.

4.6. Eficiencia energética obtenida

Debido a que el edificio de la entidad financiera no cuenta con tableros específicos de iluminación se realizó una medición de la carga total antes y después de haberse llevado a cabo la implementación del nuevo sistema de iluminación. A continuación la tabla de las mediciones obtenidas.

Tabla XXI. **Reducción de consumo energético después la implementación de tecnología LED**

Período	Consumo antes (KWh)	Consumo después (KWh) LED	Diferencia	Porcentaje de ahorro
7 días	9 527,72	6 976,26	2 551,46	27 %
Promedio diario	1 361,10	996,61	364,49	
Promedio mensual	40 833,10	29 898,26	10 934,84	

Fuente: elaboración propia.

La reducción de consumo energético fue del 27 % la cual se obtiene de dividir la diferencia del antes y el después dentro del consumo inicial que representaba el cien por ciento y multiplicarlo por 100.

$$\% \text{ reducción de consumo} = \frac{\text{Consumo antes} - \text{Consumo despues}}{\text{Consumo despues}} * 100$$

$$\% \text{ reducción de consumo} = \frac{10\,934,84}{40\,833,10} * 100 = 26,7793 \%$$

$$\% \text{ reducción de consumo} = 27 \%$$

4.7. Garantía de luminarias LED instaladas

La garantía que GELSA brindó a la entidad financiera es de 3 años. Es decir en el momento en que cualquiera de las luminarias presente falla antes del período indicado, serán sustituidas sin costo adicional.

4.8. Costo final de la implementación del sistema de iluminación

El costo final de la implementación del sistema de iluminación con tecnología LED fue de Q. 657 301,35. Este rubro está compuesto por el costo de luminarias, costo de materiales y costo de mano de obra. A continuación el detalle final de cada uno de estos.

4.8.1. Costo final de las luminarias instaladas

El costo final de las lámparas instaladas fue de Q. 578 307,00. Este costo se incrementó debido a que se instalaron 187 lámparas adicionales, lo cual fue necesario para mejorar aquellas áreas donde la iluminación existente era deficiente.

Tabla XXII. **Costo final de sistema de iluminación LED instalado**

Tipo de luminaria	Cantidad instalada	Precio Q	Precio total Q
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	1 302	Q. 365,00	Q. 475 230,00
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7 W	378	Q. 195,00	Q. 73 710,00
Modelo Sonex PL, 8 W	3	Q. 249,00	Q. 747,00
Modelo Sonex MR16, 5 W	35	Q. 99,00	Q. 3 465,00
Modelo Fuente MR16	35	Q. 79,00	Q. 2 765,00
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	88	Q. 249,00	Q. 21 912,00
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	2	Q. 239,00	Q. 478,00
Total	1 843		Q. 578 307,00

Fuente: elaboración propia.

4.8.2. Costo final de los materiales utilizados

El costo final de los materiales utilizados es de Q. 25 133,40. Se reutilizaron los cuerpos de las lámparas, por lo que únicamente hubo necesidad de limpiarlos, junto con los difusores. El costo de materiales adicionales utilizados se detalla a continuación:

Tabla XXIII. **Costo final de materiales**

Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Bases	3 400	Q. 5,00	Q. 17 000,00
Cable paralelo cal 18 (cajas)	3	Q. 275,80	Q. 827,40
Cinta de aislar	30	Q. 39,20	Q. 1 176,00
Tornillos punta de broca de 1/2"	500	Q. 0,36	Q. 180,00
Total			Q. 25 133,40

Fuente: elaboración propia.

4.8.3. Costo final de mano de obra requerida

El costo total final de mano de obra presupuestado fue de Q. 53 860,95. Este monto involucró mano de obra directa e indirecta, transportes, imprevistos y la utilidad de la empresa. El tiempo de ejecución de actividades fue de 30 días, 5 días menor a lo planificado por lo que se tuvo un ahorro de Q. 8 690,83 debido a que el costo para 35 días era de Q. 62 551,78. La implementación del sistema fue realizado por 4 técnicos instaladores y 1 supervisor. El monto de estos costos fue brindado por el responsable de la implementación del sistema.

Tabla XXIV. **Costo final de mano de obra**

Rubros	Total Estimado
Días	30
Supervisión	1
Técnicos	4
Mano de obra	Q. 36 465,00
Supervisión	Q. 10 725,00
Instaladores	Q. 25 740,00
Transporte	Q. 1 200,00
Combustible	Q. 1 200,00
Imprevistos	Q. 3 766,50
Subtotal	Q. 41 431,50
Total a cotizar	Q. 53 860,95

Fuente: elaboración propia.

4.8.4. **Costo total de implementación del sistema de iluminación con tecnología LED**

El costo final fue conformado por la integración del costo de las luminarias instaladas, los materiales y el costo final de mano de obra. Este costo varió del planificado debido a que se instalaron más luminarias de las planeadas, se utilizó mayor cantidad de materiales y la instalación concluyó antes de lo planificado.

Tabla XXV. **Costo total final**

Tipo de costo	Costo
Sistema de iluminación	Q. 578 307,00
Materiales	Q. 25 133,40
Mano de obra	Q. 53 860,95
Total	Q. 657 301,35

Fuente: elaboración propia.

El costo final de la implementación del sistema fue de Q. 657 301,35 con una variación de Q. 148 608,29 adicionales a lo planificado, equivalente a un 29,21 % de incremento.

4.9. Análisis financiero final

En el análisis financiero del plan propuesto en donde se utilizaron datos estimados se pudo apreciar que las herramientas financieras utilizadas alertaron positivamente sobre llevar a cabo la inversión. Se realizará nuevamente el análisis utilizando los montos finales invertidos en la implementación del sistema.

Debido a que finalizada la instalación no hay más egresos recurrentes y los ahorros mensuales serán considerados los ingresos, se analizarán únicamente el periodo de recuperación de la inversión, la utilidad final o los ahorros obtenidos y el porcentaje de retorno sobre la inversión.

4.9.1. Período real de recuperación de la inversión

Al realizar la comparación de las mediciones de calidad de energía antes y después de la implementación del sistema de iluminación LED fue posible encontrar el ahorro promedio mensual obtenido. Según la medición de calidad energía inicial se determinó que el costo mensual de consumo de energía eléctrica era de Q. 89 832,82. Después de la implementación del sistema y tras una segunda medición de calidad de energía se encontró que el nuevo monto a pagar mensualmente era de Q. 65 776,17. Por lo que el ahorro promedio mensual será de Q. 24 056,65 equivalente a un 26,78 %. El ahorro

final logrado está Q. 6 090,04 arriba del estimado con un porcentaje adicional logrado sobre lo esperado de 6,78 %.

$$PR = \frac{\text{Costo total}}{\text{Ahorro con la implementación del sistema}}$$

$$PR = \frac{Q. 657\,301,35}{\frac{Q. 24\,056,65}{\text{mes}}}$$

$$PR = 27,32 \text{ meses}$$

El período de recuperación de la inversión será de 2,28 años. Debido a que el ahorro fue mayor de lo esperado el tiempo de recuperación de la inversión se redujo a los 2,36 años estimados. Luego de este período el ahorro generado se considerara como utilidad para la entidad.

4.9.2. Vida útil del sistema de iluminación instalado

Es necesario dar a conocer al inversionista el tiempo de vida útil del sistema de iluminación instalado. La vida útil del sistema se estima en un promedio de 33 000 horas. Lo que equivale a 13,75 años de uso según los horarios laborales de la entidad.

$$\text{Vida útil} = \frac{\text{promedio de vida útil de luminarias}}{\text{horas de utilización anuales segun horario laboral}}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{33\,000 \text{ horas}}{10 \frac{\text{horas}}{\text{día laboral}} \times 20 \frac{\text{días laborales}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}}$$

$$\text{Vida útil} = \frac{33\,000 \text{ horas}}{2\,400 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Vida útil} = 13,75 \text{ años}$$

La entidad podrá dar uso del sistema de iluminación instalado por 13,75 años.

4.9.3. Período real de obtención de utilidad

El período de obtención de utilidad será aquel tiempo en el que la entidad financiera empiece a generar ahorros a favor es decir, que será el período restante de vida útil del sistema en el que los ahorros mensuales obtenidos terminen de cubrir el monto de la inversión inicial total realizada y empiecen a generar valor a la entidad. Entonces:

$$\text{Período de obtención de utilidad} = \text{Vida útil del sistema} - \text{Período de recuperación}$$

$$\text{Período de obtención de utilidad} = 13,75 \text{ años} - 2,28 \text{ años}$$

$$\text{Período de obtención de utilidad} = 11,47 \text{ años}$$

El período donde la entidad generará ahorros mensualmente será de 11,47 años.

4.9.4. Utilidad o ganancia obtenida

Conocido el tiempo en el que se obtendrán ahorros a favor de la entidad se puede calcular el ahorro total estimado al llevar a cabo la instalación del sistema de iluminación con tecnología LED.

Utilidad neta o ganancia total = período de utilidad * utilidad anual

$$\text{Utilidad neta o ganancia total} = 11,47 \text{ años} * \frac{\text{Q. } 24\,056,65}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Utilidad neta o ganancia total} = 11,47 \text{ años} * \frac{\text{Q. } 288\,679,80}{\text{año}}$$

$$\text{Utilidad neta o ganancia total} = \text{Q. } 3\,311\,157,31$$

La utilidad final obtenida a través de los ahorros mensuales será de Q. 3 311 157,31.

4.9.5. Retorno sobre la inversión final (ROI)

El ROI o retorno sobre la inversión, muestra la rentabilidad de la inversión realizada por la entidad financiera. Según la utilidad neta o ganancia total se puede calcular el ROI.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Utilidad neta} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} * 100$$

$$\text{ROI} = \frac{\text{Q. } 3\,311\,157,31 - \text{Q. } 657\,301,35}{\text{Q. } 657\,301,35} * 100$$

$$\text{ROI} = 403,75$$

El ROI final tiene un valor de 403,75, es decir que la inversión tiene una rentabilidad del 403,75 %. Por lo que se demuestra que la instalación del sistema de iluminación generara valor para la entidad financiera.

4.10. Cronograma de implementación

Las actividades básicas para llevar a cabo la implementación del sistema fueron 32 y abarcaron 62 días hábiles, las tareas puramente operativas que se realizaron con el personal anteriormente mencionado y que afectaron de forma directa el costo, fueron 15 con una duración de 30 días hábiles de 35 planeados.

Tabla XXVI. Cronograma de implementación del sistema de iluminación

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Solicitud a entidad financiera para instalación de calidad de energia	1 día	lun 16/09/13	lun 16/09/13
2	Recepción de autorización para instalación de equipo de calidad de energia	1 día	jue 19/09/13	jue 19/09/13
3	Instalación de equipo de calidad de energia	6 días	vie 20/09/13	vie 27/09/13
4	Trasladar información del equipo de calidad de energia a computadora	1 día	vie 27/09/13	vie 27/09/13
5	Desmontaje de equipo	1 día	vie 27/09/13	vie 27/09/13
6	Elaboración reporte de calidad de energia	2 días	lun 30/09/13	mar 01/10/13
7	Presentación a entidad financiera reporte de calidad de energia	1 día	jue 03/10/13	jue 03/10/13
8	Aprobación del proyecto por parte de la entidad financiera	1 día	lun 14/10/13	lun 14/10/13
9	Compra de materiales	1 día	mié 16/10/13	mié 16/10/13
10	Asignación y entrega area para bodega	1 día	vie 18/10/13	vie 18/10/13
11	Traslado de materiales a bodega e inicio de trabajos	1 día	lun 21/10/13	lun 21/10/13
12	Instalación sotano 1	2 días	lun 21/10/13	mar 22/10/13
13	Instalación sotano 2	2 días	mié 23/10/13	jue 24/10/13
14	Instalación sotano 3	2 días	vie 25/10/13	lun 28/10/13
15	Instalación nivel 1	2 días	mar 29/10/13	mié 30/10/13
16	Instalación nivel 2	2 días	lun 04/11/13	mar 05/11/13
17	Instalación nivel 3	2 días	mié 06/11/13	jue 07/11/13
18	Instalación nivel 4	2 días	vie 08/11/13	lun 11/11/13
19	Instalación nivel 5	2 días	mar 12/11/13	mié 13/11/13
20	Instalación nivel 6	2 días	jue 14/11/13	vie 15/11/13
21	Instalación nivel 7	2 días	lun 18/11/13	mar 19/11/13
22	Instalación nivel 8	2 días	mié 20/11/13	jue 21/11/13
23	Instalación nivel 9	2 días	vie 22/11/13	lun 25/11/13
24	Instalación nivel 10	2 días	mar 26/11/13	mié 27/11/13
25	Instalación gradas	2 días	jue 28/11/13	vie 29/11/13
26	Instalación ascensores	2 días	lun 02/12/13	mar 03/12/13
27	Instalacion de equipo de calidad de energia	6 días	mié 04/12/13	mié 11/12/13
28	Trasladar información del equipo de calidad de energia a computadora	1 día	mié 11/12/13	mié 11/12/13
29	Desmontaje de equipo	1 día	mié 11/12/13	mié 11/12/13
30	Elaboración reporte de calidad de energia	2 días	jue 12/12/13	vie 13/12/13
31	Presentación a entidad financiera reporte de calidad de energia	1 día	lun 16/12/13	lun 16/12/13
32	Entrega del proyecto	4 días	mar 17/12/13	vie 20/12/13

Fuente: elaboración propia.

4.11. Comparación de mediciones y costos de luminarias convencionales vs luminarias LED

De acuerdo a las mediciones del antes y después se obtuvieron resultados satisfactorios que permiten un ahorro energético del 27 % y un ahorro económico mensual de Q. 24 056,65.

Tabla XXVII. **Comparación de mediciones de luminarias convencionales vs. luminarias LED**

Período	Consumo energético de luminarias convencionales (KWh)	Consumo energético de luminarias LED (KWh)	Diferencia	Costo promedio estimado de KWh (Q)	Ahorro estimado en Q
7 días	9 527,72	6 976,26	2 551,46	2,20	Q. 5 613,22
Promedio diario	1 361,10	996,61	364,49	2,20	Q. 801,88
Promedio mensual	40 833,10	29 898,26	10 934,84	2,20	Q. 24 056,65

Fuente: elaboración propia.

En la primera columna se muestra el consumo promedio en KWh de las luminarias instaladas en el edificio inicialmente, en la segunda columna se muestra el consumo promedio de las luminarias LED se detalla a razón de diferentes periodos; 7 días, diario y el mensual que es el que mayor interesa a la entidad. La diferencia de consumos se multiplica por el costo promedio estimado de KWH para observar los ahorros obtenidos a razón de diferentes periodos. Se puede observar que mensualmente la entidad financiera estará generando ahorros de Q. 24 056,65.

4.12. Beneficios adicionales obtenidos

- Reducción de corriente del 26,7 % ya que la corriente es directamente proporcional al consumo (Kwh).
- Eliminación del efecto *flicker* provocado por la iluminación fluorescente, con lo cual se obtiene mejor rendimiento de los colaboradores, ya que este efecto provoca cansancio visual en el ser humano, lo cual redundaría en una merma de la productividad luego de 4 o 5 horas de estar expuesto a este.
- Reducción en la temperatura del ambiente, ya que hay una diferencia de entre 10 °C y hasta 15 °C menos en las luminarias LED con respecto a las luminarias fluorescentes, lo cual contribuye a disminuir el calentamiento global.
- La tecnología LED es reciclable, esto debido a que la fuente se puede reparar y los LED son totalmente sustituibles y reusables, esto significa reducción de desechos y ahorro por la facilidad que existe para repararlas, en lugar de adquirir una nueva.
- Esta tecnología está libre de contaminantes al ambiente, ya que no contiene mercurio, como el caso de las luminarias fluorescentes.

5. PLAN DE MANTENIMIENTO

La finalidad del mantenimiento será prevenir daños y reparar de forma rápida y económica los que no se puedan evitar. Se dará seguimiento a través de la implementación de indicadores para poder rastrear y dar seguimiento a posibles fallas que intervengan con el correcto funcionamiento de las luminarias LED.

5.1. **Stock de reserva de luminarias**

De acuerdo a experiencias en instalaciones realizadas anteriormente, la empresa encargada de la instalación del sistema hace la recomendación que los clientes mantenga un *stock* del 1 % de lo instalado, para que en el momento de presentar falla una luminaria se tenga la disponibilidad de sustituirla inmediatamente. Sin olvidar que la empresa proveedora da una garantía de 3 años por el volumen de compra realizado.

5.1.1. **Stock de reserva según vida útil de las luminarias y eventualidades**

De acuerdo al *stock* recomendado del 1 % es importante contar con 22 luminarias, teniendo como consideración que en los casos que el 1 % es decimal se recomienda como mínimo mantener una luminaria de reserva. Exceder este 1 % significa incurrir en costos innecesarios para la entidad. A continuación se detalla el *stock* necesario por tipo de luminaria instalada.

Tabla XXVIII. **Stock de reserva de luminarias LED**

Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias instaladas	1 %	Stock de reserva
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	1 302	13,02	13
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7 W	378	3,78	4
Modelo Sonex PL, 8 W	3	0,03	1
Modelo Sonex MR16, 5 W	35	0,35	1
Fuente Mr16	35	0,35	1
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	88	0,88	1
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	2	0,02	1
Total	1 843	18	22

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Costo del *stock* de reserva

Por lo anteriormente expuesto el monto total de las 22 luminarias recomendadas a mantener en *stock* será de Q. 6 374,52, que corresponde a una inversión adicional del 0,97 % del total de la inversión. A continuación la tabla que detalla los costos. Los precios unitarios son los brindados por la empresa encargada de la instalación del sistema de iluminación y los utilizados en todos los cálculos realizados anteriormente.

Tabla XXIX. **Costos unitarios para *stock* de reserva**

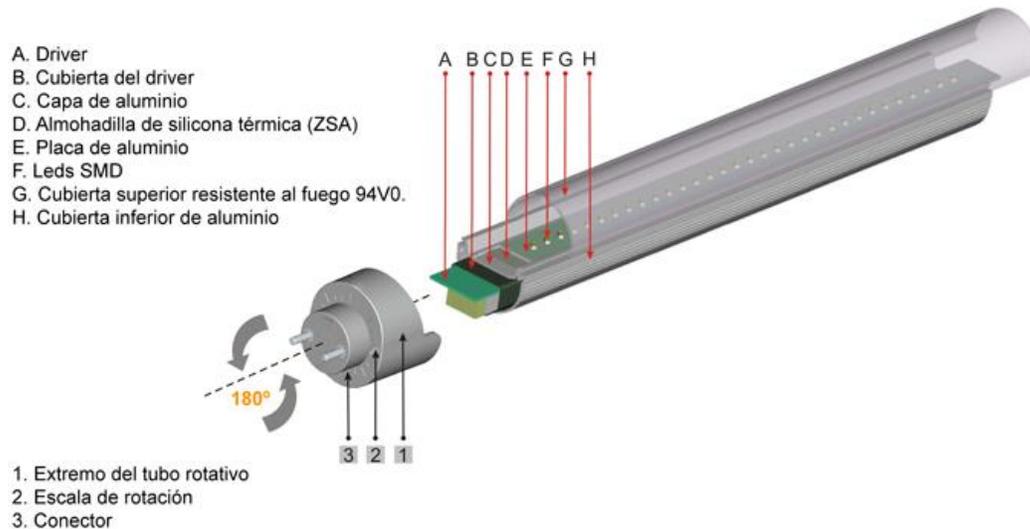
Tipo de luminaria	Stock de reserva	Precio unitario Q	Precio total Q
Modelo Sonex T8 1.20 mts, 12 W	13	Q. 365,00	Q. 4 752,30
Modelo Sonex T8 0.60 mts, 7 W	4	Q. 195,00	Q. 737,10
Modelo Sonex PL, 8 W	1	Q. 249,00	Q. 249,00
Modelo Sonex MR16, 5 W	1	Q. 99,00	Q. 99,00
Fuente Mr16	1	Q. 79,00	Q. 79,00
Modelo Sonex Bombillo, 8 W	1	Q. 249,00	Q. 219,12
Modelo Sonex Reflector Par 30, 12 W	1	Q. 239,00	Q. 239,00
Total	22		Q. 6 374,52

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. **Cuidado del *stock* de reserva**

Para mantener en óptimas condiciones el *stock* de reserva se recomienda mantener las luminarias almacenadas en un área libre de humedad, colocadas preferiblemente en una estantería y no a nivel de piso, esto por estar compuestas de dispositivos electrónicos que pueden ser dañados por ambientes húmedos o expuestos directamente al agua. A continuación se detallan los mismos:

Figura 17. Estructura de un tubo LED



Fuente: Intuate Energy: http://www.intuateenergy.com/userFiles/ecommerce/contents/estructura_del_tubo_led_3.jpg. Consulta: agosto de 2014.

5.2. Revisión periódica del sistema instalado

Por ser y estar en ambientes de uso continuo, no es necesario realizar revisiones periódicas del sistema instalado, ya que al presentarse una falla será detectada por los usuarios directos e indirectos de estas. En caso de presentarse alguna falla, lo primero que deberá realizar el personal de mantenimiento es ajustar la luminaria a la base, con lo cual en un 98 % de los casos se resuelve la falla.

5.2.1. Periodicidad de evaluación del sistema

Como única recomendación a la entidad financiera se les indicó que es conveniente realizar mantenimiento preventivo a los tableros de distribución eléctrica, para mantener una buena calidad de energía en las instalaciones. Ya que de no ser así, se puede ver afectado la vida útil de las luminarias y una reducción en la eficiencia energética.

El mantenimiento preventivo de un tablero de distribución eléctrica consiste básicamente en la revisión física, limpieza general, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas. Lo anterior debe realizarse con el equipo de seguridad, herramienta y equipo de medición correspondiente. Por lo que es necesario realizar la revisión con personal capacitado, hay empresas que brindan este tipo de servicios como la que estuvo a cargo de la instalación del sistema.

5.2.2. Costo de mantenimiento de tableros eléctricos

Se recomienda realizar los mantenimientos preventivos al tablero principal y a los tableros de distribución por lo menos de forma anual. El costo del mantenimiento del tablero principal es de Q. 3 500,00 y de cada tablero de distribución de Q. 1 000,00. Debido a que en el edificio existe un tablero principal y 13 de distribución el costo total sería de Q. 16 500,00.

5.3. Empresas generadoras de energías limpias en Guatemala

Dentro de las empresas distribuidoras de luminarias LED en Guatemala que cuentan con una asesoría integral de eficiencia energética se encuentra GELSA, las otras únicamente son distribuidores. GELSA fue la encargada de llevar a cabo la instalación del sistema de iluminación.

Generadora de energías limpias sociedad anónima (GELSA), es una empresa especializada en temas energéticos y de calidad de energía. Ofrecen los servicios descritos a continuación:

- Mediciones de calidad de energía
- Diseño de sistemas de iluminación
- Distribución de sistemas de iluminación
- Instalación de sistemas de iluminación
- Recomendaciones personalizadas

5.4. Indicadores del sistema

En la actualidad los indicadores son una herramienta importante en las empresas, ya que permiten visualizar de forma rápida y concreta el estado productivo, comercial y financiero de las mismas. Asimismo, se pueden ver los resultados en el transcurrir del tiempo y establecer metas conforme vayan madurando los mismos. Los indicadores servirán para cuantificar, medir y analizar numérica y gráficamente los avances, beneficios obtenidos y factores pendientes de trabajar.

5.4.1. Indicador de cumplimiento del avance de la instalación

El indicador de cumplimiento del avance se define como la razón entre el número de actividades terminadas y el número total de actividades planeadas. Los avances se analizan de manera porcentual, por lo que la razón debe ser multiplicada por cien. Este indicador se puede calcular de forma acumulada o de forma mensual.

Figura 18. **Medición de avance de un proyecto**

$$AP = \frac{\text{N}^\circ \text{ hitos terminados del Proyecto}}{\text{N}^\circ \text{ Total de hitos del Proyecto}} \cdot 100$$

Fuente: http://www.docirs.cl/Manpro/Ayuda/Ayuda_Administrador/AP.htm.

Consulta: agosto de 2014.

$$AP = \frac{32}{32} * 100$$

$$AP = 100 \%$$

Tabla XXX. **Medición de avance mensual de la instalación**

Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado
6	9	10	7	32
6	9	10	7	32

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Indicador de consumo eléctrico pre y posinstalación

Para el consumo energético únicamente se dividirá el consumo total promedio obtenido de las mediciones de calidad de energía pre-posinstalación dentro de mil para que el número sea más fácil de manejar, recordar y comparar. Por lo que la unidad de medida será MWh (MegaWatt-hora).

$$C_{Pre} = \frac{\text{Consumo pre – instalación}}{1\ 000}$$

$$C_{Pre} = \frac{40\ 833,10}{1\ 000}$$

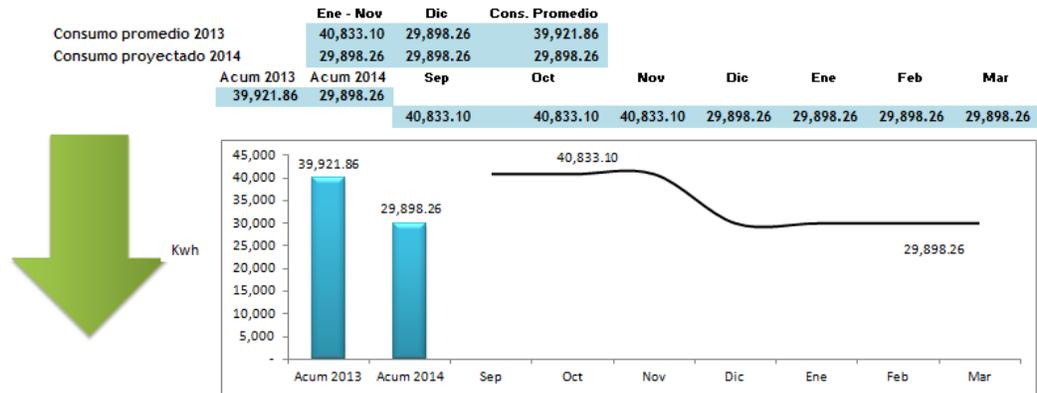
$$C_{Pre} = 40,83 \text{ MWh}$$

$$C_{Post} = \frac{\text{Consumo Post – instalación}}{1\ 000}$$

$$C_{Post} = \frac{29\ 898,26}{1\ 000}$$

$$C_{Post} = 29,90 \text{ MWh}$$

Figura 19. **Gráfica de indicador de consumo pre y posinstalación**



Fuente: elaboración propia.

5.4.3. **Indicador de iluminancia pre y posinstalación**

Debido a que se buscaron luminarias equivalentes para cada tipo de luminaria instalada, el indicador se puede analizar según la mejora obtenida de iluminancia por cada tipo de luminaria instalada. El porcentaje de mejora se analiza con base en la siguiente fórmula.

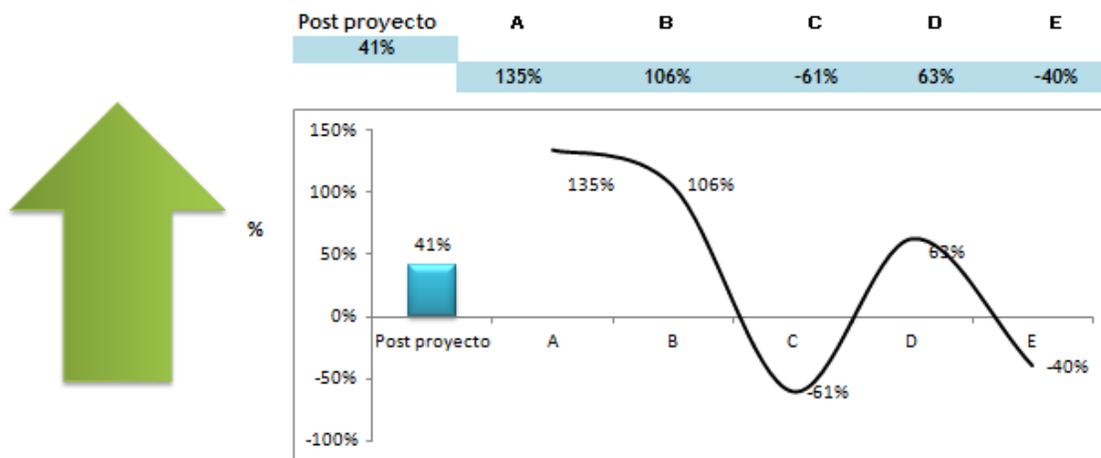
$$\% \text{ Mejora} = \frac{\text{Iluminancia pre} - \text{Iluminancia post}}{\text{Iluminancia pre}}$$

Tabla XXXI. **Porcentaje de mejora por tipo de luminaria instalada**

Tipo de luminaria	Luminaria Convencional	Iluminancia plano útil (luxes)	Luminaria LED equivalente	Iluminancia plano útil (luxes)	% de mejora
A	Tubo T8 de 40 Watts	101.25	Sonex T8 1.20 mts 12 W	238	135%
B	Tubos T8 de 20 Watts	69.50	Sonex T8 0.60 mts 7W	143	106%
C	MR16 de 50 Watts	136.20	Sonex MR16 5W	53	-61%
D	Ahorrador rosca E27 de 27 Watts	72.43	Sonex Bombillo 8W	118	63%
E	Par 30 de 75 Watts	213.45	Sonex Reflector Par 30 12 W	128	-40%
	Promedio inicial	118.57	Promedio final	136	41%

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfica de indicador de iluminancia pre y posinstalación**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que la iluminancia mejoró para las luminarias de tipo tubo y bombillos que son aquellas instaladas en áreas de trabajo y tránsito, los MR16 y Reflectores Par 30 únicamente fueron utilizados para fines estéticos. La iluminación LED mejoró la iluminancia en un 41 %.

5.4.4. Indicador de eficiencia energética pre y posinstalación

La eficiencia energética es una práctica que consiste en reducir el consumo de energía con el fin de reducir costos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. Se podría definir como “La relación existente entre el *output* e *input* energético de un proceso”.²

El horario laboral de la entidad financiera es de 8:00 a 18:00 horas. Se tiene una ventana de atención de lunes a viernes, por lo que se trabajan aproximadamente 20 días al mes en un promedio de 10 horas. Lo que significa que mensualmente se obtienen 200 horas de atención a clientes. Los indicadores de eficiencia miden los beneficios obtenidos de los diferentes recursos ingresados a los sistemas. Este indicador mostrará el rendimiento de energía en base a las horas de ventana de atención.

$$\text{Eficiencia pre – instalación} = \frac{\text{Horas de atención}}{\text{Consumo Energético}} * 100$$

$$\text{Eficiencia pre – instalación} = \frac{200 \text{ horas}}{40\ 833,10 \text{ KWh}} * 100$$

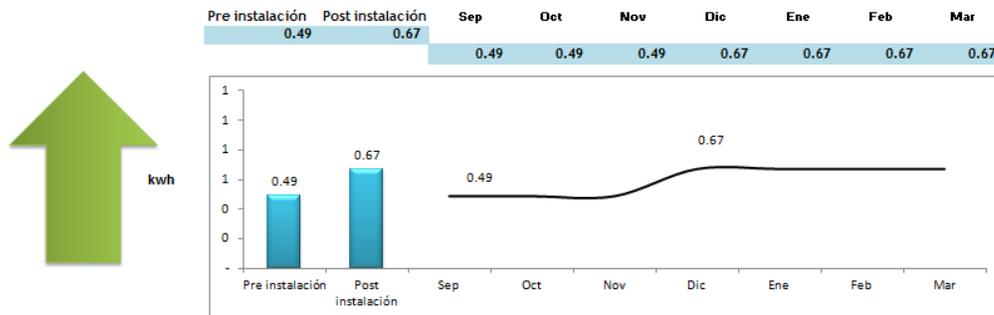
$$\text{Eficiencia pre – instalación} = 0,49 \text{ kW}$$

² FIGUEROGA, Emilio. *El comportamiento económico del mercado del petróleo*. p. 5.

$$\text{Eficiencia post – instalación} = \frac{200 \text{ horas}}{29\,898,26} * 100$$

$$\text{Eficiencia post – instalación} = 0,67 \text{ kW}$$

Figura 21. **Indicador de eficiencia energética pre y posinstalación**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que la utilización de la energía mejoró con base en el número de horas de atención que brinda la entidad financiera.

5.4.5. **Indicador de factores influyentes en la eficiencia energética trabajados**

Según estudios de Trane, empresa de Ingersoll Rand, experta en la creación y mantenimiento de seguridad, confort y eficiencia energética en ambientes, la distribución de consumo de energía eléctrica depende del tipo de edificio, en la mayoría de los casos. A continuación se muestran los diferentes tipos de distribuciones:

Figura 22. **Distribución de consumo de energía en hospitales**



Fuente: Forofrio: <http://www.forofrio.com/index.php/noticias2/265-la-automatizacion-para-generar-eficiencia-energetica-y-confort>. Consulta: mayo de 2014.

Se observa que el mayor consumo de energía en los hospitales se concentra en el calentamiento de agua con un 42 % y en el acondicionamiento del aire con un consumo del 22 % de la energía total utilizada.

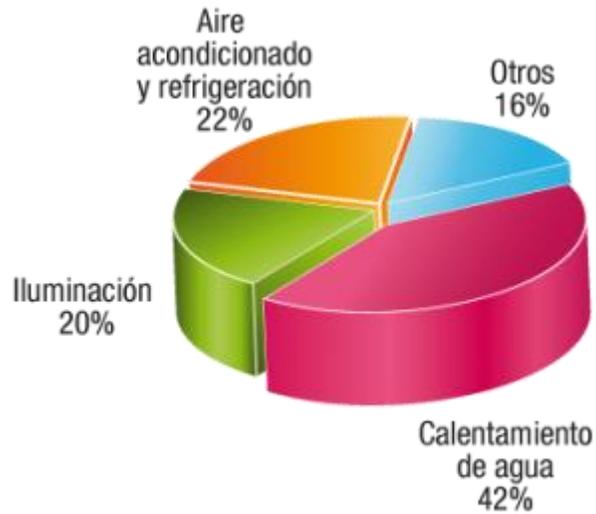
Figura 23. **Distribución de consumo de energía en oficinas**



Fuente: Forofrio: <http://www.forofrio.com/index.php/noticias2/265-la-automatizacion-para-generar-eficiencia-energetica-y-confort>. Consulta: mayo de 2014.

En los edificios de oficinas el consumo se centraliza mayormente en la energía utilizada por los aires acondicionados, con un 34 % de consumo y la iluminación con un 30 % de consumo.

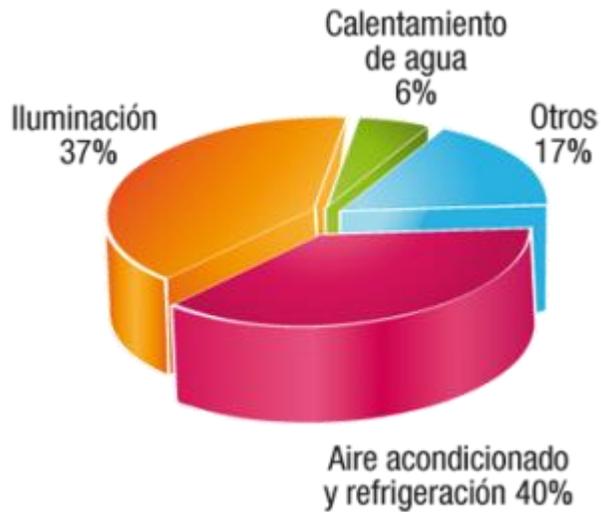
Figura 24. **Distribución de consumo de energía en edificios hoteles**



Fuente: Forofrio: <http://www.forofrio.com/index.php/noticias2/265-la-automatizacion-para-generar-eficiencia-energetica-y-confort>. Consulta: mayo de 2014.

En los hoteles al igual que en los hospitales el mayor consumo de energía se encuentra en el calentamiento de agua y el acondicionamiento del aire.

Figura 25. **Distribución de consumo de energía en edificios comerciales**



Fuente: Forofrio: <http://www.forofrio.com/index.php/noticias2/265-la-automatizacion-para-generar-eficiencia-energetica-y-confort>. Consulta: mayo de 2014.

Debido a que el edificio se dedica a la atención de clientes se debe ubicar como de tipo comercial, en donde el 37 % del consumo energético corresponde a la iluminación, por lo que se puede deducir que se ha trabajado el 37 % de los factores influyentes en la eficiencia energética de la entidad financiera.

5.5. Plan de prevención y control de emergencias eléctricas

Una de las principales motivaciones para la implementación de iluminación con tecnología LED era el riesgo de cortos circuitos por el calentamiento del cableado y la antigüedad del mismo. Debido a que el consumo es proporcional a la carga sobre el cableado, se puede garantizar que la reducción de carga lograda sobre el mismo fue del 27 %; sin embargo se recomendó a la empresa trabajar en una correcta implementación de extinguidores. Debido a que en Guatemala no existe ninguna norma que rijan a nivel nacional respecto a la colocación de extinguidores se realizará la recomendación en base a la norma para extintores portátiles contra incendios NFPA 10.

La norma NFPA 10 es la norma creada por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association). La NFPA es una organización fundada en Estados Unidos en 1896 y se encarga de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendios. La Norma NFPA 10 se enfoca exclusivamente en el uso correcto de extintores portátiles.

La Norma NFPA 10 en el inciso 1.4.1 ubica a los edificios de oficinas como lugares de riesgo leve o bajo. Conocido lo anterior, el número de niveles de la entidad y las dimensiones de la misma se puede realizar el cálculo del número de extinguidores utilizando la siguiente tabla:

Tabla XXXII. **Tamaño y localización de extinguidores**

	Ocupación Riesgo Leve (bajo)	Ocupación Riesgo Ordinario (moderado)	Ocupación Riesgo Extra (alto)
Clasificación mínima Extintor individual	2A	2A	2A
Área máxima por unidad de A	3.000 pies 280m	1.500 pies 140m	1.000 pies 93m
Área máxima cubierta por extintor	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m	11.250 pies 1.045m
Distancia máxima a recorrer hasta el extintor.	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m	75 pies 22.7m

Fuente: Norma para extinguidores portátiles NFPA 10 Edición 2007. p. 28.

La entidad financiera cuenta con 10 niveles de oficinas, 3 sótanos y cada nivel tiene un área de 1 500 m² por lo que el área total a la que se debe colocar extinguidores es de:

$$\text{Área total} = 1\,500\text{ m}^2 \times 13$$

$$\text{Área total} = 19\,500\text{ m}^2$$

Un extintor Clase A para una ocupación de riesgo leve de la tabla 6.2.1.1 es 2-A. Al multiplicar la cantidad de la clasificación por la “superficie máxima por unidad de A”, la tabla indica la superficie máxima que un solo extintor puede proteger. Dado que la superficie máxima para el extintor más pequeño en una ocupación de riesgo leve es 3 000 pies cuadrados (278,7 metros cuadrados), la cobertura para un extintor de una clasificación de 2-A puede determinarse de la siguiente manera:

$$2 \times 278,7\text{ m}^2 = 557,4\text{ m}^2 / \text{extintor}$$

Conocida el área que puede cubrir cada extintor se procede a calcular el número de extintores por nivel y total.

$$\text{Número de extintores a instalar por nivel} = \frac{1\,500\text{ m}^2}{557,4\text{ m}^2}$$

$$\text{Número de extintores a instalar por nivel} = 2,691$$

Se deben instalar 3 extintores por cada nivel y un total de 39 en el edificio.

$$\text{Número total de extintores a instalar} = 3 \times 13 = 39$$

La cantidad mínima calculada de extintores debe colocarse estratégicamente y la distancia de recorrido mínima desde cualquier punto hacia un extintor debe ser de 23 metros.

Un extintor de tipo 2-A puede abarcar un incendio del doble de tamaño que el tipo 1-A. Un extintor Clase A está diseñado para combatir fuegos creados por madera, caucho, tela, trapos secos, papel, plástico, etc. Dado que la entidad ha tenido riesgos de corto circuito se recomienda que por lo menos uno de los tres extintores sea de tipo C, los extintores de tipo C están basados en patrones para peligros Clase A o Clase B existentes y están diseñados para combatir incendios creados por equipos eléctricos.

De la misma forma se recomienda realizar periódicamente las recargas de los mismos, según lo indique el proveedor y capacitar al personal de la entidad en la correcta utilización de los mismos.

6. IMPACTO Y PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE A TRAVÉS DE LA UTILIZACIÓN DE ILUMINACIÓN LED

Además de los beneficios mencionados anteriormente, las luminarias de tecnología LED reducen los daños al medio ambiente, eliminando riesgos de contaminación y minimizando la polución por generación de energía eléctrica y desechos, esto debido a que “los LED están fabricados con materiales no tóxicos, a diferencia de las lámparas fluorescentes, que, debido al mercurio que contienen, plantean un peligro de contaminación. Además, los LED pueden ser totalmente reciclados”.³

6.1. Toxicidad provocada por bombillos convencionales y los desechos

Las lámparas fluorescentes son una de las fuentes de iluminación más utilizadas actualmente. Para el caso de este edificio el 98,61 % de las luminarias sustituidas fueron fluorescentes. Los tubos de lámparas fluorescentes se consideran tóxicos debido a que contienen mercurio mezclado con argón en forma de vapor, el cual dirige la corriente eléctrica dentro del tubo.

En algún punto del proceso de desecho, los tubos fluorescentes se rompen, liberando vapores de mercurio los cuales viajan muy rápido y a grandes distancias.

³ GIL, José; GARCÍA, Carlos; LASSO, David. *Instalaciones eléctricas interiores*, p. 304.

Estos vapores son altamente tóxicos para el sistema nervioso humano y particularmente venenoso para los riñones. Una vez absorbido por el cuerpo, el mercurio, es distribuido por la sangre a todos los tejidos del cuerpo humano pudiendo inclusive atravesar fácilmente la barrera placentaria. La exposición prenatal a esta sustancia puede causar una variedad de problemas de salud, incluyendo parálisis cerebral.

El mercurio en contacto con el agua es nocivo, debido a que llega con mayor facilidad a la vegetación, animales y según la cadena alimenticia, a los seres humanos.

En los seres humanos el sistema nervioso es muy sensible a los efectos del mercurio, los cuales pueden ser manifestados a través de distintos desordenes como: irritabilidad, nerviosismo, temblor, cambios en la visión y audición, problemas de memoria, etc. De la misma forma aun las exposiciones de corta duración a vapores de mercurio pueden dañar los pulmones, provocar nauseas, vómitos o diarrea, elevar la presión sanguínea y provocar irritación a la piel y los ojos.

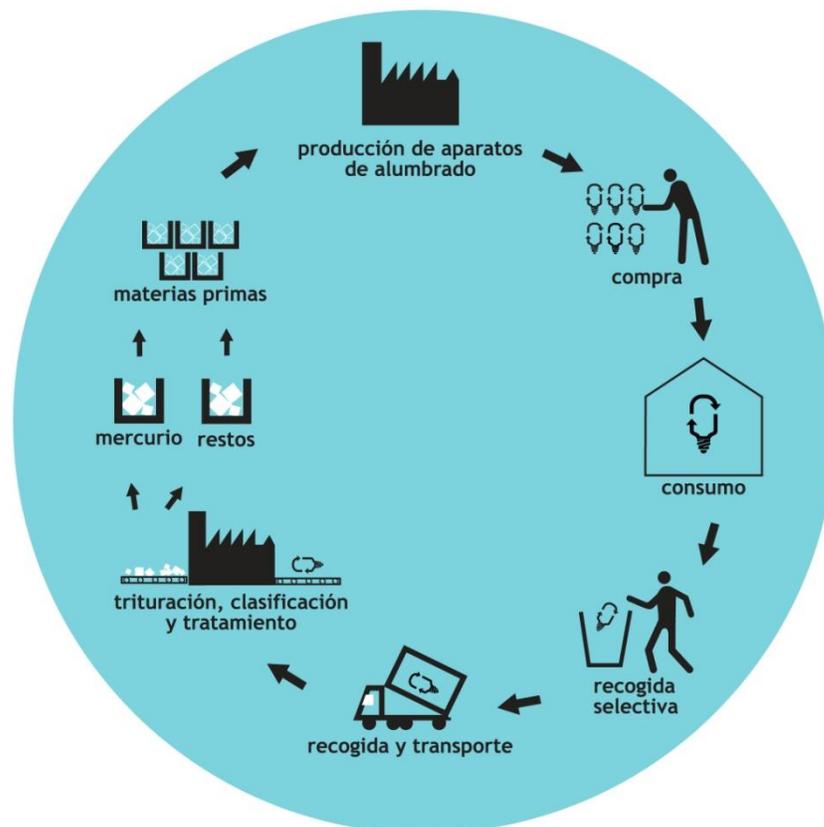
6.2. Reciclaje de lámparas convencionales y lámparas LED

Las lámparas de mercurio presentan gran riesgo al medio ambiente, tanto por las características de operación como el impacto ambiental que generan. Actualmente en Guatemala no existen procedimientos de recuperación y tratamiento del mercurio de las lámparas fluorescentes y los desechos por lo que dichos remanentes son dispuestos en los vertederos municipales donde el mercurio termina ingresando en el ambiente y ecosistemas.

A diferencia de lo anterior los desechos de luminarias LED no generan riesgos ambientales, debido a que ninguno de los componentes es nocivo o toxico.

A continuación se muestra el ciclo de operación con el cual se debería reciclar bombillos, los ciclos de reciclaje son regulados por la Norma Internacional ISO 14000.

Figura 26. **Procedimiento de reciclaje de luminarias**



Fuente: Región de murcia limpia: http://regiondemurcialimpia.es/wp-content/uploads/Traz_lamparas.jpg. Consulta: mayo de 2014.

6.3. Destino de luminarias anteriormente instaladas y recomendaciones

La entidad decidió almacenar de forma temporal las luminarias convencionales previamente instaladas, esto para mantener un *stock* de eventualidades para las agencias que todavía utilizan de las mismas. Debido a los resultados obtenidos se recomienda extender la implementación de tecnología LED al resto de edificios y agencias.

6.4. Reducción de desechos de lámparas al utilizar tecnología LED

La reducción de desechos se logra a través de la mayor utilización de los materiales que componen una luminaria, dicho de otra forma las lámparas con mayor tiempo de vida también reducen el volumen de desechos.

Tabla XXXIII. Rendimiento de luminarias convencionales vs. LED

Tipo de luminaria	Luminarias Convencionales	Vida útil (horas)	Luminaria LED	Vida útil (horas)	Utilización adicional
A	Tubo T8 de 40 Watts	6 000	Sonex T8 1.20 mts 12 W	40 000	7
B	Tubos T8 de 20 Watts	5 000	Sonex T8 0.60 mts 7W	40 000	8
C	MR16 de 50 Watts	1 000	Sonex MR16 5W	25 000	25
D	Ahorrador rosca E27 de 27 Watts	8 000	Sonex Bombillo 8W	33 000	4
E	Par 30 de 75 Watts	1 000	Sonex Reflector Par 30 12 W	35 000	35

Fuente: elaboración propia.

Realizando un promedio de la utilización adicional se puede observar que las luminarias LED rendirán hasta dieciséis veces lo que rinde una luminaria

convencional, por lo que en la misma proporción se estarán reduciendo los desechos de materiales componentes de las mismas.

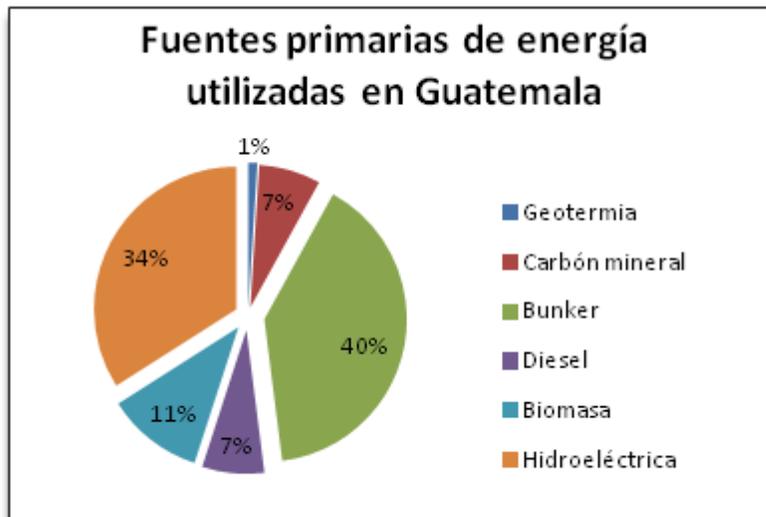
6.5. Beneficios aportados al medio ambiente al implementar luminarias de tecnología LED

El consumo energético es un tema que a nivel mundial ha empezado a causar preocupación, “El funcionamiento de las sociedades modernas, industriales y postindustriales se produce como consecuencia del uso de cantidades de energía desmesuradas. La mayor parte de la energía que se utiliza procede de la combustión de combustibles fósiles (Carbón, petróleo y gas natural), de los cuales las reservas son limitadas y su agotamiento será cuestión de plazos no tan largos”.⁴

El Instituto de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, InCyTDe, indica que la fuente primaria para la generación de energía eléctrica en Guatemala es el *bunker*, derivado del petróleo. A continuación se muestra la gráfica de las fuentes primarias de energía utilizadas en la generación de energía eléctrica por las plantas generadoras conectadas al Sistema Nacional Interconectado (SIN).

⁴ GONZÁLEZ, Jaime. *Energías renovables*, p. 17.

Figura 27. Fuentes primarias de energía utilizadas en Guatemala



Fuente: Incytde: <http://www.incytde.org>. Consulta: mayo de 2014.

Al utilizar luminarias LED se reduce el 27 % de consumo eléctrico, por lo tanto se reduce de forma proporcional el porcentaje de consumo de estas fuentes primarias que en el proceso de generación de energía eléctrica inevitablemente contaminan el medio ambiente.

Adicional a lo anterior se eliminan los riesgos de contaminación por mercurio al medio ambiente y se reduce la generación de desechos, debido a que en promedio los sistemas de iluminación LED duran hasta dieciséis veces lo que duran las luminarias convencionales.

CONCLUSIONES

1. A través de la implementación de iluminación con tecnología LED se mejoró la eficiencia energética del edificio administrativo de una entidad financiera nacional, el ahorro energético mensual obtenido es del 27 %.
2. Luego de medir y analizar la iluminancia antes y después de la implementación de iluminación con tecnología LED se demostró que esta mejoró un 41 %.
3. De acuerdo al análisis financiero se obtuvo un ahorro estimado promedio mensual de Q. 24 056,65 en el pago del consumo eléctrico.
4. La vida útil del sistema de iluminación está proyectada para 13,75 años y el periodo de recuperación de la inversión es de 2,28 años, por lo que finalizado este tiempo se obtendrán ahorros anuales por el monto de Q. 288 679,80 durante 11,47 años, el ahorro total será de Q. 3 311 157,31.
5. Las luminarias fluorescentes e incandescentes instaladas inicialmente provocaban una sobrecarga en la instalación eléctrica, la cual se redujo en 230,89 amperios.
6. Realizadas las comparaciones de consumos, costos, garantías, vidas útiles e impacto al medio ambiente es posible concluir que la tecnología LED superó en todo lo anterior a las lámparas convencionales.

7. Las lámparas LED eliminan riesgos de contaminación por mercurio y minimizan la contaminación por generación de energía eléctrica y desechos.

RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo el plan de prevención y control de emergencias eléctricas propuesto para prevenir posibles contingencias y realizar una identificación de peligros y riesgos de todo el edificio.
2. Dar seguimiento a los indicadores propuestos para facilitar el seguimiento del sistema instalado con el transcurrir del tiempo. Y poder detectar cualquier cambio no deseado para la aplicación de medidas correctivas.
3. Por los resultados obtenidos se recomienda extender la implementación de iluminación con tecnología LED al resto de los edificios administrativos y agencias.
4. Para continuar contribuyendo con el medio ambiente se recomienda la sustitución de los sistemas de aire acondicionado existentes por ecológicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARANDA USÓN, Alfonso; et. al. *Eficiencia energética en instalaciones y equipamiento de edificios*. España: Prensas universitarias de Zaragoza, 2010. 220 p.
2. _____. *Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética*. España: FC Editorial, 2006. 243 p.
3. CABELLO, Manuel; SANCHEZ Miguel. *Instalaciones eléctricas interiores*. España: Editorial Edintex, S.A, 2010. 360 p.
4. CHINCHILLA, Sibaja Ryan. *Salud y seguridad en el trabajo*. Costa Rica. EUNED, 2002. 368 p.
5. GARCIA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. Mexico: McGraw-Hill, 2005. 459 p. ISBN: 9701-046579
6. GONZALEZ, Francisco. *Iluminación*. 2a ed. Guatemala: Universitaria, 2006. 121 p.
7. NIEBEL, Benjamin; ANDRIS, Freivals. *Ingeniería industrial*. 11a ed. Mexico: Alfaomega, 2004. 744 p. ISBN: 9701-509935

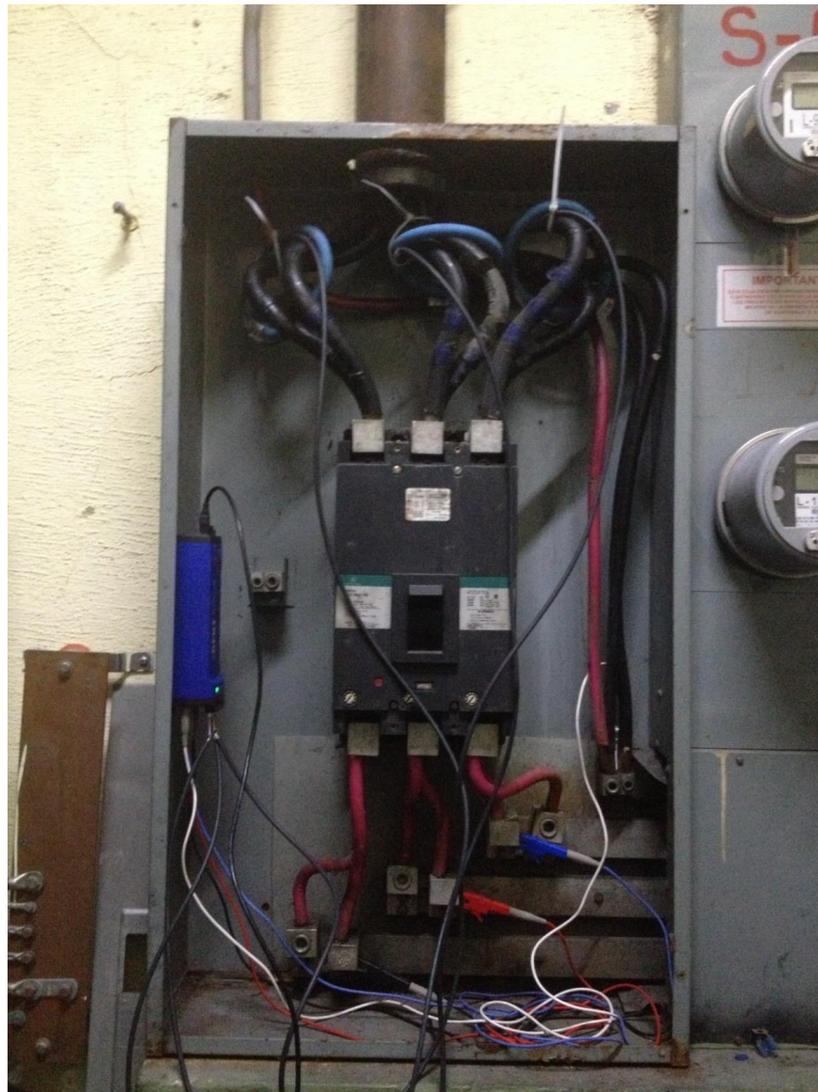
8. PONCIO Rosales, Astrid Lorena. *Diseño de un sistema de iluminación y ventilación basado en los requerimientos de la norma ISO 17025: 2005 y buenas prácticas de laboratorio en el centro de investigaciones de ingeniería*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 149 h.

9. SUNTECÚN Castellanos, Alex. *Tratamiento primario de desechos de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión del alumbrado público en las municipalidades de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Ciencias en Gestión Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 88 h.

10. TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. 2a ed. Guatemala: Universitaria, 2007. 134 p

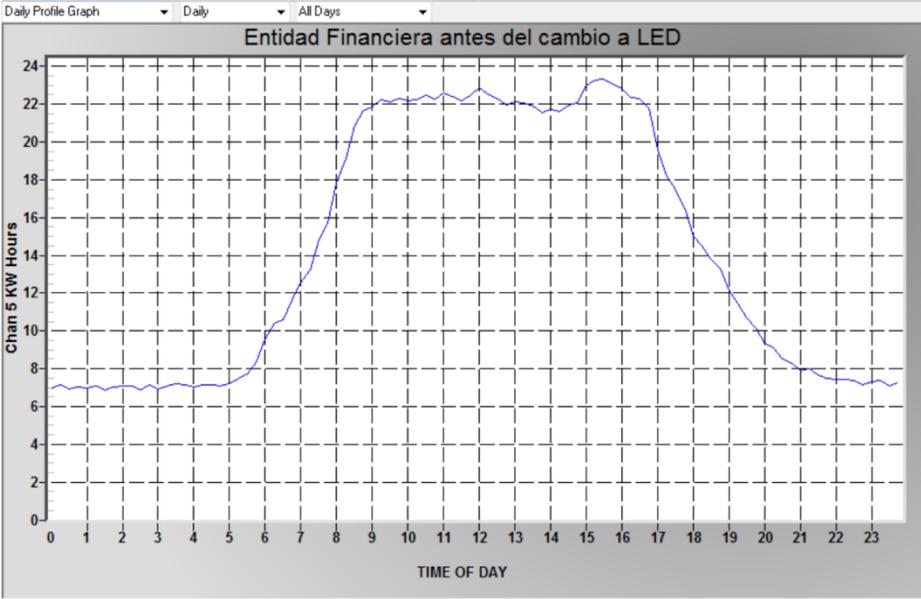
ANEXOS

Datalogger

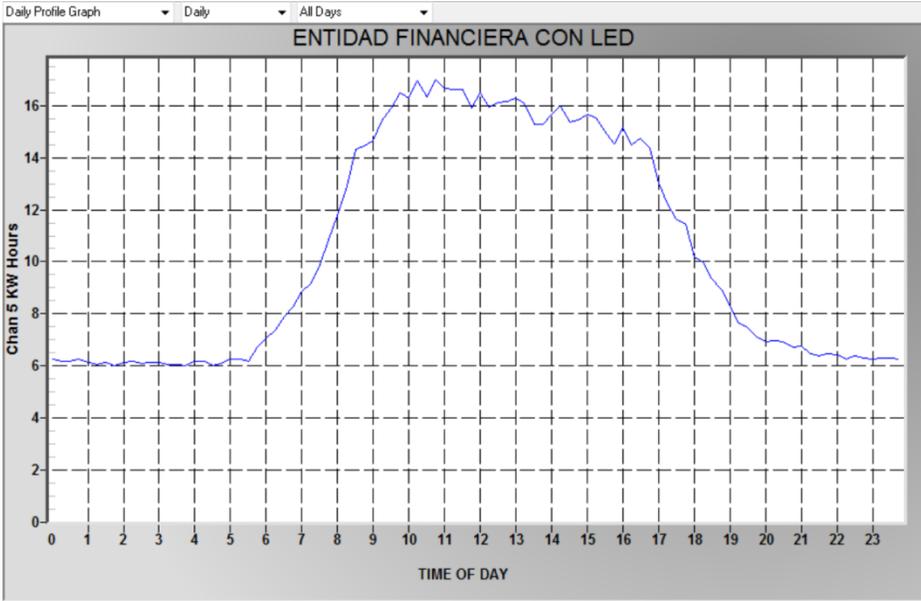


Fuente: entidad financiera.

Perfil de carga horaria en KWh

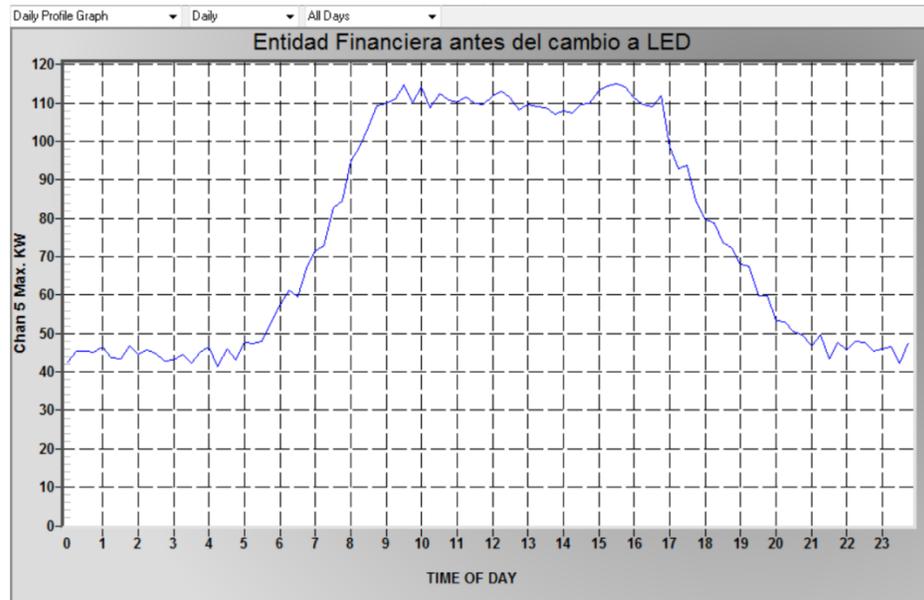


Fuente: oficinas de GELSA.

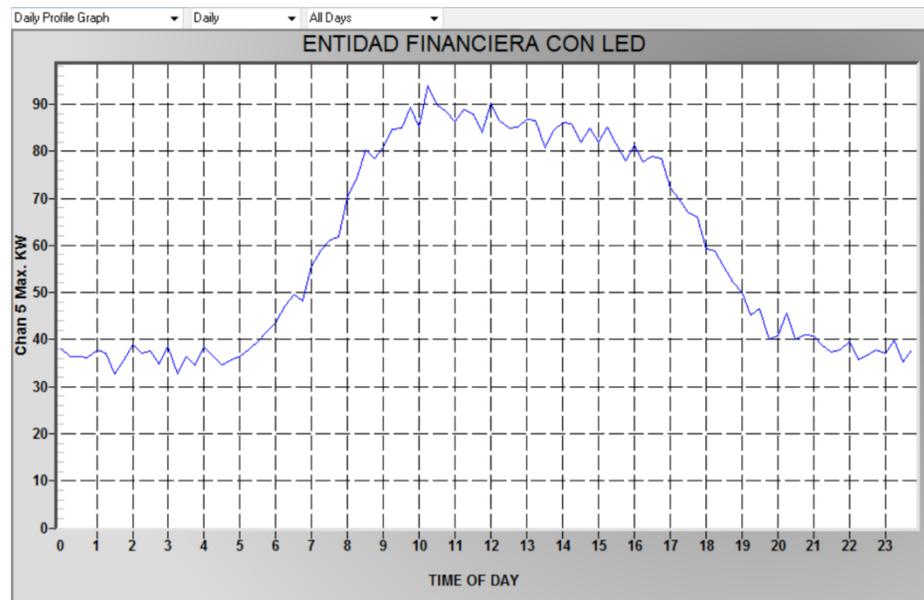


Fuente: oficinas de GELSA.

Perfil de carga horaria en KW

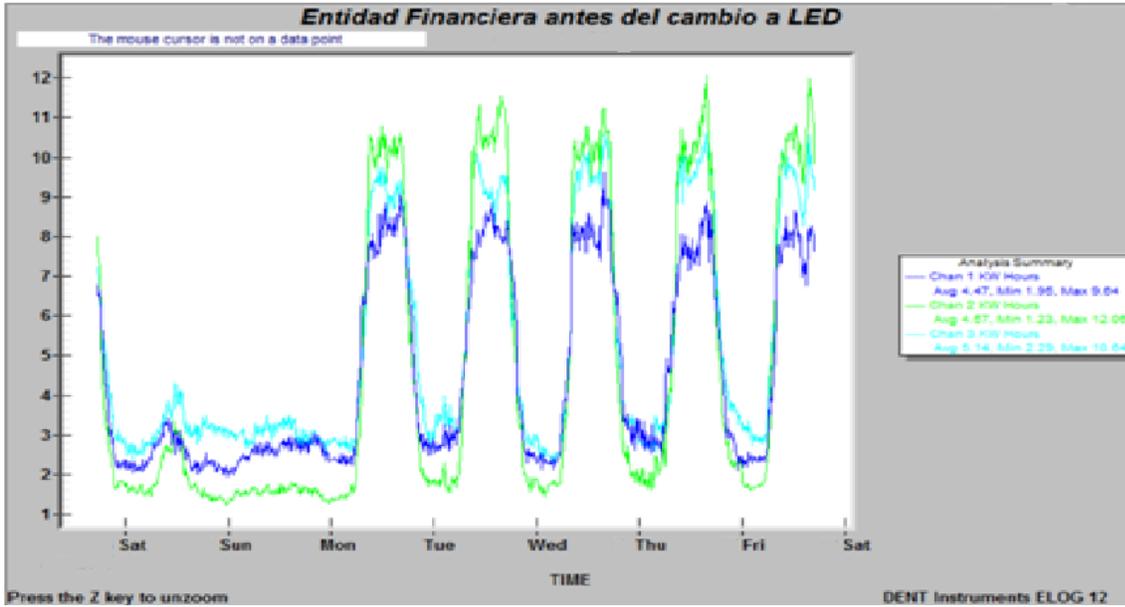


Fuente: oficinas de GELSA.

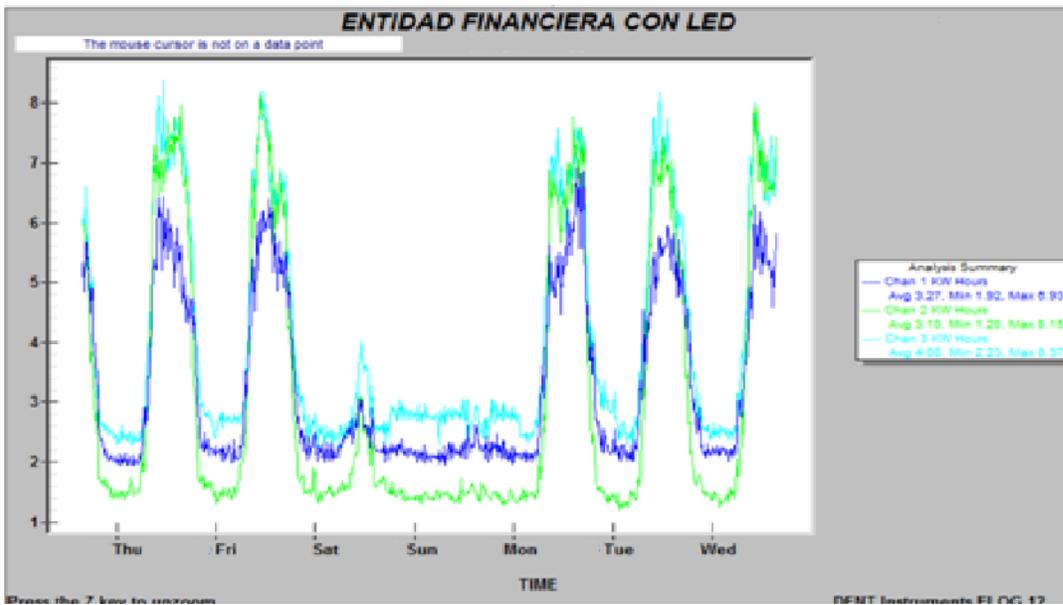


Fuente: oficinas de GELSA.

Consumo en KWh

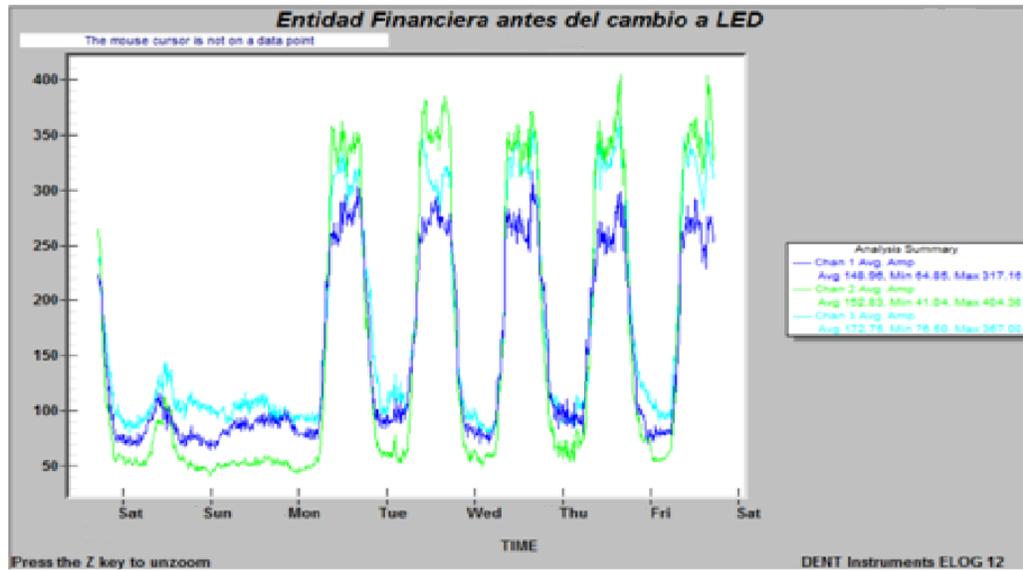


Fuente: oficinas de GELSA.

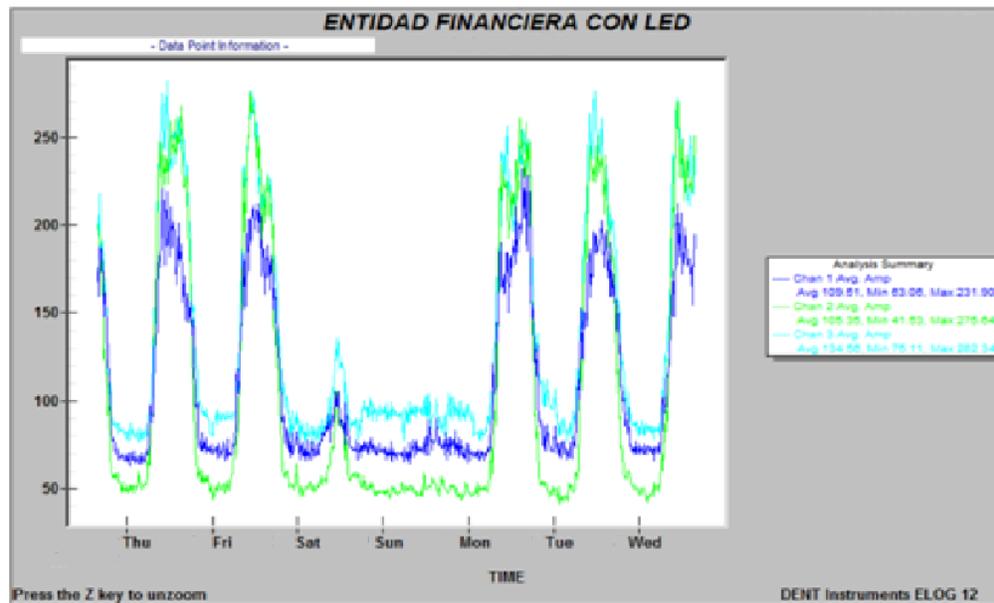


Fuente: oficinas de GELSA.

Corriente Promedio

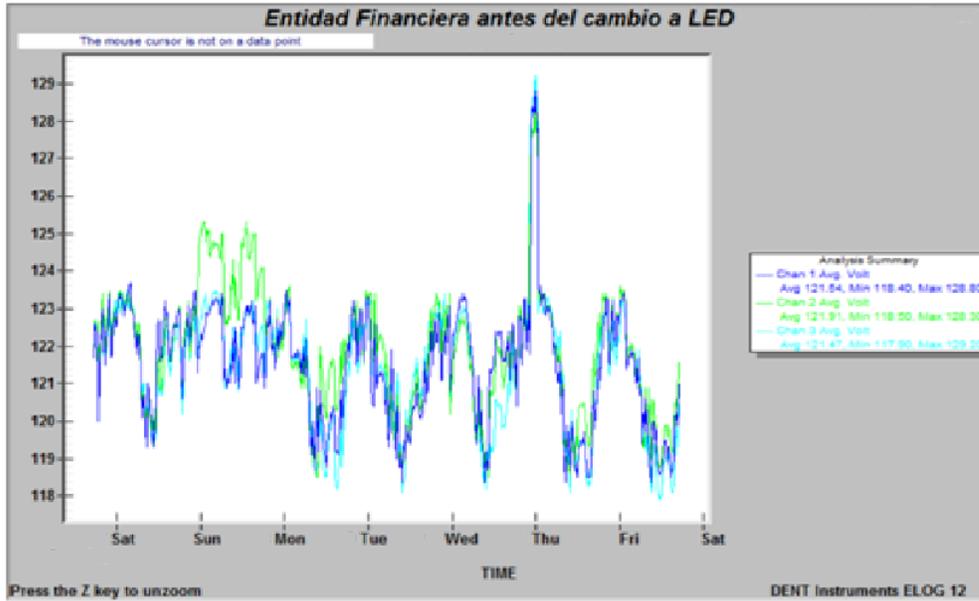


Fuente: oficinas de GELSA.

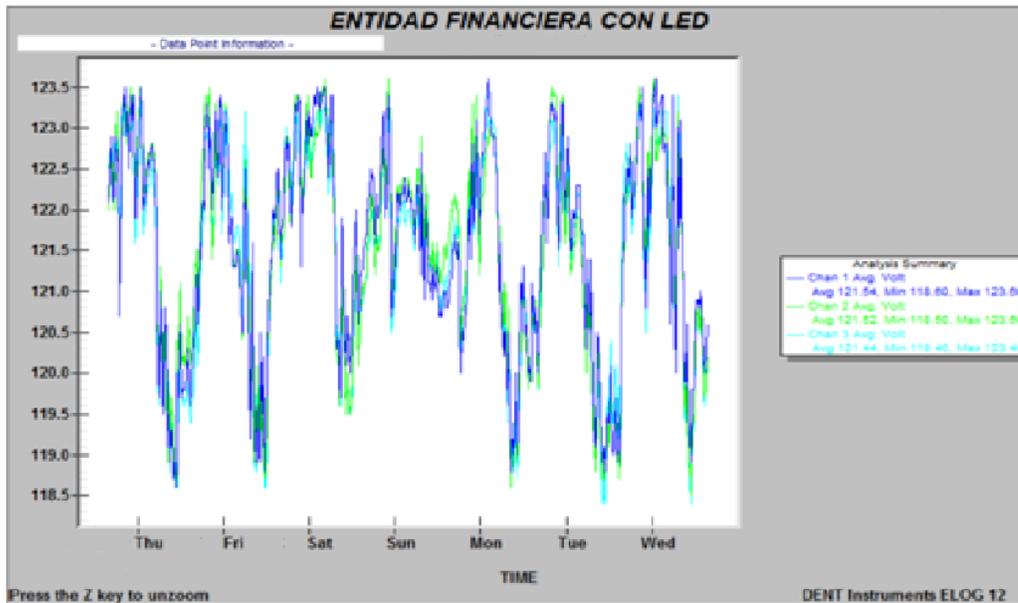


Fuente: oficinas de GELSA.

Voltaje Promedio



Fuente: oficinas de GELSA.



Fuente: oficinas de GELSA.