



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y
MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS
LED EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES
TERMINALES DEL ATLÁNTICO, S. A.**

Melvin Estuardo Leal López

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel de León Contreras

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y
MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS
LED EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES
TERMINALES DEL ATLÁNTICO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MELVIN ESTUARDO LEAL LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL DE LEÓN CONTRERAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Florencio Montúfar Urizar
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zaceck
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y
MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS
LED EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES
TERMINALES DEL ATLÁNTICO, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 18 de octubre de 2013.

Melvin Estuardo Leal López



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-021-2015

Guatemala, 12 de julio de 2016.

Director
Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **Melvin Estuardo Leal López** carné número **91-12573**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Víctor Manuel De León Contreras
Asesor (a)

VICTOR MANUEL DE LEON CONTRERAS
INGENIERO ELECTRICISTA COL. 7739
FORM. Y EVALUAC. DE PROYECTOS MSc.

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



REF. EIME 58. 2017.
Guatemala, 23 de OCTUBRE 2017.

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica 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 de su Proyecto de Graduación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS LED EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES TERMINALES DEL ATLÁNTICO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario MELVIN ESTUARDO LEAL LÓPEZ, considerando que el protocolo es viable para realizar el Diseño de Investigación procedo aprobarlo, ya que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ingeniería.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Otto Fernando Andriño González
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica





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 Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE LUMINARIAS LED EN LA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES TERMINALES DEL ATLÁNTICO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Melvin Estuardo Leal López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Blanco
Decano



Guatemala, octubre, de 2017

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por todas sus bendiciones.

Mi familia

Por su incondicional apoyo. En especial a mi Madre Francisca López Santay, por el esfuerzo y ejemplo de toda una vida, a mi esposa Ana Adelia Aldana De Leal y mi hija Ana Jimena Leal Aldana por ser la fuente de inspiración a ser mejor persona. A mi padre (q. e. p. d.) por enseñarme a esforzarme cada día. Mis hermanas que han sido otras madres para mí.

Mi asesor

Por su confianza e impulso para culminar este trabajo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por la oportunidad de formarme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Porque a través de sus catedráticos adquirí conocimientos que me han sido de mucha utilidad.

Mis amigos

Por su apoyo durante los diferentes ciclos de mi vida como estudiante ya que ellos también tienen méritos en esta meta alcanzada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. ALCANCE	17
8. MARCO TEÓRICO.....	19
8.1. Operaciones en una terminal de almacenamiento de combustibles.....	19
8.2. Recepción de productos de buques tanqueros	19
8.3. Almacenaje.....	21
8.4. Carga de camiones cisternas	22
8.5. Conceptos generales de iluminación	23
8.5.1. Iluminación artificial	24
8.6. Características de una fuente de luz	27

8.6.1.	Intensidad radiante	28
8.6.2.	Intensidad luminosa	28
8.6.3.	Luminancia	29
8.6.4.	Flujo luminoso	29
8.6.5.	Iluminancia	30
8.6.6.	Eficacia y eficiencia luminosa	31
8.6.7.	Iluminación en estado sólido	34
8.6.8.	Historia de la iluminación con Tecnología LED	36
8.6.9.	Funcionamiento físico de las luminarias LED.....	37
8.6.10.	Tipos de LED.....	37
8.6.10.1.	Por potencia de operación.....	38
8.6.10.2.	Por longitud de onda	39
8.6.10.3.	Por tecnología de fabricación	39
8.6.10.4.	Por características específicas.....	40
8.6.11.	LED de potencia (HPLED).....	40
8.6.12.	Eficiencia energética	42
8.6.13.	Clasificación de áreas peligrosas	43
8.7.	Tipos de mantenimiento	44
8.7.1.	Mantenimiento preventivo	45
8.7.1.1.	Visita	45
8.7.1.2.	Revisiones.....	45
8.7.2.	Mantenimiento correctivo	46
8.7.3.	Mantenimiento proactivo	46
8.7.4.	Mantenimiento predictivo.....	47
8.8.	Metodología de las inspecciones	47
8.9.	Funcionamiento del equipo en general	48
9.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	49

10.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	51
11.	METODOLOGÍA.....	55
11.1.	Fase 1: investigación preliminar	55
11.2.	Fase 2: investigación de campo	56
11.3.	Fase 3: cálculo teórico.....	57
11.4.	Fase 4: redacción del informe final, análisis económico.....	57
12.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	59
13.	CRONOGRAMA.....	61
14.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	63
14.1.	Recursos humanos.....	63
14.2.	Recursos físicos	63
14.3.	Recursos técnicos y tecnológicos.....	64
14.4.	Materiales de oficina.....	64
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Sistema de brazos y posiciones de carga	23
2.	Espectro visible de la luz.....	28
3.	Ilustración gráfica de 1 lumen	30
4.	Ilustración gráfica de 1 lux (Iluminancia)	31
5.	Pérdidas de energía en un sistema de iluminación	31
6.	Espectro de eficiencia luminosa para la visión fotópica	33
7.	Diagrama de bloques sistema iluminación LED	36
8.	Clasificación de los LED, según su aplicación	38
9.	Estructura interna del LED y HPLED.....	41
10.	Cronograma de actividades	61

TABLAS

I.	Número, capacidad, medidas y producto de los tanques de almacenamiento.....	21
II.	Tanques auxiliares y producto de consumo equipo tasa	22
III.	Unidades empleadas en iluminación.....	34
IV.	Recursos físicos, técnicos, tecnológicos y materiales.....	64

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país eminentemente importador de los combustibles derivados del petróleo que consume; anualmente se importan al país más 18 millones de barriles de diferentes tipos de combustibles (diesel, gasolinas, kerosen – jet A1 y bunker C) y existen alrededor de 17 terminales con una capacidad instalada de almacenamiento de más de 5 millones de barriles.

Las terminales de almacenamiento de combustibles son un elemento muy importante en la cadena de suministro; sus funciones principales son la recepción de combustibles de buques tanqueros a través de oleoductos, el almacenamiento en tanques y el despacho de los diferentes tipos de combustibles a los camiones cisternas a través de brazos de carga. Todas estas operaciones se deben realizar bajo estrictos sistemas de control que garanticen la seguridad de personas e instalaciones y la calidad del producto. Los principales componentes de una terminal de almacenamiento de combustibles son los siguientes:

- Sistemas y equipos de conexión a buques tanqueros
- Oleoducto de recepción de producto y tuberías internas de la terminal
- Tanques de almacenamiento
- Bombas de despacho de producto
- Sistema para carga de cisternas
- Equipos de automatización
- Sistemas auxiliares y de emergencia (Generación eléctrica, Sistemas contra incendios, sistemas de alarmas, sistemas separadores y de tratamiento de aguas, sistemas informáticos, entre otros).

El costo de energía eléctrica es un componente importante en el costo total de la operación de una terminal de almacenamiento de combustibles, por esta razón, la eficiencia energética cobra cada vez un papel más relevante. La mejora en la eficiencia energética tiene un impacto económico positivo para la operación de una terminal y a la vez tiene un impacto ambiental que muchas veces no es considerado al decidir sobre la implementación de proyectos.

La terminal de almacenamiento de combustibles Terminales del Atlántico, S.A. utiliza para sus sistemas de iluminación exterior luminarias de vapor de sodio de 1,000 vatios y para la iluminación interior lámparas de tubos fluorescentes; actualmente hay tecnologías de luminarias que son más eficientes en el consumo de energía, lo cual representa una importante oportunidad de ahorro.

Esta investigación se estructura en cuatro capítulos. En el primer capítulo, se presentarán los antecedentes de la investigación, haciendo énfasis en la relevancia que ha ido cobrando la eficiencia energética a nivel global, a nivel regional y específicamente para Guatemala.

En el segundo capítulo, se describirá un marco teórico general para la investigación, esto incluirá conceptos básicos de iluminación, características de una fuente de luz y conceptos generales de diseño de sistemas de iluminación para áreas exteriores. También se describirán los principales tipos de luminarias disponibles en el mercado y su eficiencia energética; finalmente se presenta información sobre luminarias tipo LED y sus aplicaciones, haciendo énfasis en la luminaria LED de potencia (HPLED).

En el tercer capítulo, se presentará la recopilación de datos y análisis de la información de consumo eléctrico de la terminal, se describirá la distribución de

los circuitos existentes de iluminación exterior, se mostrarán los resultados de las mediciones de campo en donde se determina el consumo de energía eléctrica para dichos circuitos y, se calculará el costo que tiene actualmente dicho consumo. Posteriormente, se presentará un cálculo teórico del consumo de energía eléctrica de los circuitos de iluminación exterior asumiendo el reemplazo de las luminarias de vapor de sodio de 1,000 vatios por luminarias LED y se calculará el costo de energía después de realizar la sustitución de las luminarias. Finalmente, se presentará el cálculo del ahorro estimado que se generaría por el reemplazo de las luminarias.

En el cuarto capítulo, se presentará la información sobre el proyecto propuesto para la sustitución de luminarias existentes por luminarias LED de alta eficiencia. Se describirá el diseño del sistema remodelado; se determinará el tipo de luminaria LED seleccionado para el reemplazo; se mostrará la evaluación y justificación económica del proyecto de inversión y se presentará el plan de inversión y el cronograma de ejecución del proyecto de instalación de luminarias LED.

2. ANTECEDENTES

Durante los últimos años se han realizado diversos estudios relacionados al ahorro de energía eléctrica y ventajas de las tecnologías modernas de iluminación, tal como es el caso de las luminarias LED de alta potencia, esto con el fin de buscar ahorro en el consumo de energía eléctrica en diversos tipos de instalaciones de tipo residencial, comerciales, educativas e industriales.

Vásquez Guzmán, 2006. Describe la evolución de las diversas tecnologías de iluminación en el transcurso de las últimas décadas, dejando como una de las conclusiones que “el desarrollo de los LEDs de potencia para su uso en sistemas de iluminación ahorrará billones de Kw-hora en la siguiente década, lo cual traerá beneficios económicos y ambientales globales”; esta afirmación resume la importancia y el impacto positivo que tendrá el uso de la tecnología LED para los sistemas de iluminación y en general los beneficios ambientales que habrá por mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustibles fósiles, para generación eléctrica.

En la tesis de Cortés Rodríguez, Julio Alfredo: “Diseño y construcción de un sistema de alimentación para un arreglo RGB de tres LED de potencia” del año 2009, se describen las ventajas de la iluminación LED sobre otras tecnologías existentes de iluminación; entre estas ventajas puede destacarse: “la eficiencia energética, no generan radiación UV por lo que no atraen insectos, mayor vida útil, menores costos de mantenimiento y diseño más compacto”. Como desventaja mencionan: “el costo inicial de la inversión” pero el mismo se compensa con los ahorros a mediano plazo en eficiencia energética; esto es

cada vez más perceptible, debido a que la tendencia en el costo de las luminarias de tecnología LED es a reducirse cada vez más.

En el artículo: “Dejemos que inicie la cuenta regresiva” (Phallan K., Davis, 2013) publicado en la Revista *eiXtra*, Vol. 24, se documenta que a partir de Enero 2014 las bombillas incandescentes de 40 y 60 vatios ya no estarán a la venta en Estados Unidos, describe la similitud de esta tendencia con la forma en que las antiguas televisiones de transistores o los teléfonos de discado manual salieron del mercado desplazados por tecnologías más recientes. Se menciona que durante las últimas 4 décadas los fabricantes de dispositivos de iluminación han introducido al mercado tecnologías innovadoras entre las que destacan las luminarias LED y hace referencia en que un hogar promedio puede ahorrar hasta el equivalente a 100 dólares americanos al año por la acción de cambiar sus bombillas incandescentes por luminarias de alta eficiencia energética. Esto es una tendencia que cada año se marca más a nivel mundial.

En Guatemala, (2013), la terminal de almacenamiento de combustibles “Operadora de Terminales, S.A.”, operación conjunta de las compañías UNO Guatemala, S.A. y Chevron Guatemala Inc., realizó un proyecto de inversión para reemplazar sus sistemas de iluminación exterior con luminarias de tipo LED de potencia de alta eficiencia, con lo cual ha generado ahorros significativos en sus costos de energía eléctrica.

El costo del consumo de energía eléctrica es un componente importante que alcanza alrededor del 20% del costo de operación de una terminal de almacenamiento de combustibles. Esto ha atraído el interés de las empresas que operan terminales de almacenamiento de combustibles en buscar alternativas para hacer un uso más eficiente de la energía eléctrica y de esta

forma reducir sus costos de operación. Los avances tecnológicos en el área de iluminación han brindado una oportunidad para utilizar sistemas más eficientes para la iluminación interior y exterior en terminales de almacenamiento de combustibles; estas tecnologías avanzan y mejoran continuamente. Actualmente muchas terminales alrededor del mundo han optado por invertir sistemas de luminarias LED, lo cual les ha permitido ahorrar hasta un 60 % del costo de energía eléctrica para iluminación. Desde el punto de vista económico, la inversión es justificable y presenta tasas de retorno atractivas; además de los beneficios ambientales por el uso eficiente de la energía. En Guatemala hay al menos una terminal de almacenamiento de combustibles, ubicada en la costa sur que ya implementó un sistema de iluminación LED con resultados muy satisfactorios.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Terminales del Atlántico, S. A. es una terminal de almacenamiento de combustibles que fue construida hace más de 50 años; la instalación ha pasado por diversas remodelaciones y actualizaciones a través de los años; sin embargo, la mayoría de los proyectos de inversión se han enfocado en la automatización de las operaciones, sistemas de control de medición automática de inventarios en tanques, mejora de los sistemas de seguridad y protección del medio ambiente; hasta la fecha no se ha realizado mayor inversión en iniciativas que mejoren la eficiencia del consumo energético. Con base en lo anterior, se identifica una oportunidad de ahorro y reducción de costos operativos, a través del estudio del consumo eléctrico en los sistemas de iluminación, análisis de la información obtenida y desarrollo de proyecto que permita mejorar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación haciendo uso de nuevas tecnologías de iluminación disponibles en el mercado.

La situación y circunstancias actuales de las instalaciones de la terminal conducen a las siguientes interrogantes:

Pregunta central:

- ¿Es económicamente viable el cambio de las luminarias de vapor de sodio de 1,000 watts, por luminarias con tecnología LED y puede justificarse a través de la mejora en eficiencia energética?

Preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es el diseño actual de los sistemas de iluminación de la terminal?
- ¿Cuál es el consumo y costo actual de energía eléctrica en los sistemas de iluminación de la terminal?
- ¿Cuál es el potencial de ahorro en el consumo eléctrico de la terminal si se instala un sistema de iluminación LED con mejor eficiencia energética?
- ¿Cuál es el potencial de ahorro en los costos operativos de la terminal si se instala un sistema de iluminación LED con mejor eficiencia energética?

4. JUSTIFICACIÓN

Terminales del Atlántico, S. A. gasta anualmente en energía eléctrica Q 800 000,00; aproximadamente el 25 % de este costo está relacionado al consumo de energía eléctrica para iluminación. El consumo de energía eléctrica en los sistemas de iluminación es alto, debido a que todas las áreas deben estar bien iluminadas en todo momento por razones de seguridad industrial y custodia del producto (el valor del inventario almacenado en tanques se mantiene en un valor promedio de Q 60 millones). Estudiar a detalle el consumo eléctrico en los circuitos de iluminación permitirá plantear alternativas para implementación de sistemas de iluminación más eficientes con un potencial de ahorro anual estimado alrededor de Q 100 000,00 (12,5 % de la factura anual). Además de los beneficios económicos, por la reducción del gasto anual también deben considerarse los beneficios ambientales que se generan al reducir el consumo eléctrico, lo cual se traduce en una reducción de gases de efecto invernadero por dejar de utilizar energía eléctrica generada a través de combustibles fósiles.

Este proyecto tiene relación con dos de las principales líneas de investigación de la Maestría de Energía y Ambiente: Uso eficiente de la energía y preparación; formulación y evaluación de un proyecto energético.

5. OBJETIVOS

General

Cuantificar el impacto en ahorro energético de instalar un sistema de iluminación LED en Terminales del Atlántico, S. A., y evaluar la factibilidad económica de implementar el proyecto.

Específicos

1. Describir un inventario de los circuitos y componentes de los sistemas de iluminación actual de la terminal.
2. Medir el consumo y calcular el costo de energía eléctrica con base a las capacidades de cada dispositivo y las horas de operación.
3. Calcular de forma teórica el consumo y costo de energía eléctrica, utilizando luminarias LED en los circuitos de iluminación exterior.
4. Describir la justificación económica de un proyecto de inversión en un sistema de iluminación con luminarias tipo LED con alta eficiencia energética.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Con esta investigación se recopilará información que será útil para la empresa Terminales del Atlántico, S. A., para tomar decisiones en cuanto a sus planes de inversión en los próximos años y buscar que los mismos incluyan proyectos de mejora en eficiencia energética. También servirá de referencia para otras empresas con operaciones similares para establecer factibilidad de implementación de proyectos de ahorro energético en iluminación.

La solución a proponer consistirá en el reemplazo de las luminarias actuales de Vapor de Sodio de 1 000 watts de potencia por luminarias LED que presentan mayor eficiencia energética con un potencial de ahorro de hasta 60 % del costo actual de la energía eléctrica para iluminación. La tecnología de iluminación LED ya es ampliamente utilizada en diversas aplicaciones y el costo del equipo ha ido en descenso, lo cual hace económicamente viables (tasas de retorno aceptables) los proyectos relacionados al ahorro energético con el uso de esta tecnología.

7. ALCANCE

La investigación será del tipo descriptivo y se realizará en el ámbito de la operación de la terminal de almacenamiento de combustibles Terminales del Atlánticos, S. A., ubicada en Puerto Barrios, Izabal. Para comprender la situación actual y determinar las oportunidades de mejora en la eficiencia del uso de energía eléctrica, se recopilará y analizará la información de consumo eléctrico de los últimos 12 meses, se realizará un inventario de los elementos actuales del sistema de iluminación de la terminal y se calculará el costo actual de energía eléctrica para iluminación. Con base en los datos obtenidos, se evaluará la factibilidad económica de instalar un sistema de iluminación con tecnología más avanzada (ahorro versus inversión). El resultado de esta investigación será de utilidad para otras terminales de almacenamiento de combustibles que estén interesadas en proyectos de ahorro energético y también para otro tipo de instalaciones que requieran uso intensivo de iluminación para sus operaciones tales como plantas químicas, predios de contenedores, predios portuarios, entre otros.

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Operaciones en una terminal de almacenamiento de combustibles

Según las operaciones de la terminal de almacenamiento de combustibles Terminales del Atlántico, S. A, constan básicamente de tres bloques principales:

- Descarga de productos de buques tanqueros
- Almacenamiento de combustibles en los tanques
- Despacho de combustibles hacia camiones cisternas

8.2. Recepción de productos de buques tanqueros

Los buques tanqueros se reciben en el atracadero núm. 6 del muelle de Santo Tomás de Castilla. Existe un procedimiento de aprobación de barcos que se realiza para garantizar que las condiciones del tanquero sean seguras y que sus dimensiones sean compatibles con las capacidades del atracadero núm. 6 del puerto.

Los buques atracan por el lado de estribor auxiliados por remolcadores y equipo técnico de apoyo de la Empresa Portuaria Santo Tomas de Castilla. Previo al inicio de la descarga, se tiene una reunión con el Capitán y/o el Primer oficial del barco y se acuerda la secuencia de la descarga por medio de un intercambio de documentos (características de las mangueras, oleoducto, tanques de la planta, presión máxima admitida, caudal máximo permisible a descargar, entre otros). Se presenta una carta de compromiso de Seguridad y se realiza la inspección de seguridad en el barco utilizando como base el *Ship-*

Shore Safety Check List del ISGOTT última edición. Las rondas de verificación de condiciones se hacen cada 4 horas por el Loading Master de turno.

A través de dos conexiones de mangueras de 12" de diámetro cada una, acopladas con bridas y conectadas a un oleoducto de 14" de diámetro, se bombea los productos (Gasolina de 95 Octanos, Gasolina de 88 Octanos, Diesel y Kerosina/JetA1) a la planta. Una vez estos han sido analizados por el laboratorio designado y verificada la calidad de los mismo bajo estándares de calidad requeridos por la ley en Guatemala, el encargado de la operación (Loading Master) autoriza el inicio de la descarga. La descarga se lleva a cabo un producto a la vez, utilizando un separador de interface que se introduce a la tubería en la cámara de lanzamiento ubicada al inicio del oleoducto en el muelle 6. El tiempo de llegada del separador de interface desde el muelle hasta la planta es de aproximadamente 45 minutos a una presión de descarga de 75 psi.

La recepción de cada producto se hace en el manifold instalado en el área de tanques de la terminal, en donde se encuentra instalada una cámara de recepción del separador de interface. Cuando el separador ingresa a la planta, este acciona un indicador visual mecánico (bandera) conectado a una alarma sonora instalado unos 50 metros antes de la cámara de recepción. Cuando el separador ingresa a la cámara de recepción, levanta otro indicador de bandera lo cual sirve de señal para realizar el cambio de válvulas en el manifold. Antes de hacer cada cambio de producto se verifica:

- Condiciones de alineación del válvulas.
- Verificación de apertura / cierre de válvulas
- Verificación de medio de comunicación (radios). Prueba de señal.
- La altura estimada del tanque que está recibiendo el producto previamente contenido en el oleoducto.

- Medición de API de ambos productos para determinar que producto hay en el momento.
- Funcionamiento de los indicadores que avisan cuándo el separador entra a la planta y a la cámara de recepción.

8.3. Almacenaje

Los tanques de almacenamiento de combustibles deben fabricarse en cumplimiento con la norma API 650 y deben ser mantenidos e inspeccionados de forma rutinaria con base en la norma API 653. Los combustibles descargados de los buques tanqueros se almacenan en los siguientes tanques:

Tabla I. **Número, capacidad, medidas y producto de los tanques de almacenamiento**

Tk.		Diam.	Alto	Cap. Nominal Bbls.	Galones Nominal	PRODUCTO	Tipo de Techo	Mínimo Operación	Bbls. Mínimo Operación	Máximo Operación	Bbls. Máximo Operación	Medida de Referencia	Status del Tanque	FECHA	COMPañIA
2	134	40	101,799.79	4,275,591.18	Diesel	Cónico	02-06-00	8,173.31	33-08-02	86,521.10	40-10-08	40-10-08	Activo	06-Abr-02	SGS
3	67	40	25,211.30	1,058,874.60	Jet A - 1	Cónico	02-06-00	1,659.67	32-10-00	20,748.85	41-11-00	41-11-00	Activo	21-Jul-03	SGS
6	42	40	9,797.12	411,479.04	Jet A - 1	Cónico	02-06-00	621.89	33-00-04	8,328.21	40-09-00	40-09-00	Activo	19-Oct-99	SGS
10	35	30	5,084.31	213,541.02	Mogas 88	Techo Flotante Externo	04-09-00	823.52	25-05-10	4,322.05	33-01-08	33-01-08	Activo	02-Dic-04	SGS
25	73	40	29,837.13	1,253,159.46	Mogas 95	Techo Flotante Interno	04-08-00	3,473.10	33-08-12	25,361.64	42-02-05	42-02-05	Activo	20-Ago-05	SGS
26	73	40	28,838.99	1,211,237.58	Mogas 88	Techo Flotante Interno	04-11-00	3,784.61	32-05-02	24,512.00	41-11-06	41-11-06	Activo	02-Dic-04	SGS
28	95	40	48,728.47	2,046,595.74	Mogas 95	Techo Flotante Interno	05-07-00	6,724.47	33-00-10	41,419.81	43-02-00	43-02-00	Activo	Ago-03	SGS
Capacidad Actual TASA				249,297.11	10,470,478.62				25,260.57	85%	211,213.66				
1	134	40	99,559.92	4,181,516.64	Diesel	Cónico	02-06-00	5,476.23	33-11-13	84,621.84	41-00-02	41-00-02	Inactivo	06-Jun-95	SGS
5	42	40	10,108.70	424,565.40	Jet A - 1	Cónico	02-06-00	610.62	34-01-01	8,593.26	41-01-01	41-01-01	Inactivo	20-Sep-00	SGS
8	60	40	19,897.69	835,702.98	Mogas 95	Techo Flotante Externo	06-05-00	3,012.83	34-00-13	16,913.78	45-05-15	45-05-15	Inactivo	14-Dic-99	SGS
9	60	40	19,860.89	834,157.38	Mogas 95	Techo Flotante Externo	06-03-00	2,830.33	33-11-13	16,882.37	45-03-04	45-03-04	Inactivo	01-Dic-99	SGS
11	35	30	5,050.91	212,138.22	Mogas 95	Techo Flotante Externo	06-03-00	1,012.60	25-04-15	4,293.63	33-04-10	33-04-10	Inactivo	06-Feb-00	SGS
29	134	40	99,173.01	4,165,266.42	Mogas 95	Techo Flotante Externo	07-05-00	17,624.14	33-11-01	84,295.25	47-09-06	47-09-06	Inactivo	30-Mar-01	SGS
Capacidad Adicional TASA				253,651.12	10,653,347.04				30,666.75	85%	215,600.13				
4	67	40	25,149.54	1,056,280.68	Mezcla Vpower	Cónico	02-06-00	1,568.58	34-00-14	21,378.41	41-08-02	41-08-02	Fuera de Servicio	12-Jun-88	GUATEMALTE
12	35	30	5,127.90	215,371.80	Kerosina	Cónico	02-06-00	427.32	25-06-00	4,358.71	31-04-10	31-04-10	Fuera de Servicio	12-Jul-88	GUATEMALTE
13	27	30	3,162.71	132,833.82	Kerosina	Cónico	02-06-00	263.56	25-06-00	2,688.30	31-01-02	31-01-02	Fuera de Servicio	12-Ago-88	GUATEMALTE
14	27	30	3,162.45	132,822.90	Kerosina	Cónico	02-06-00	263.54	25-06-00	2,688.08	31-07-09	31-07-09	Fuera de Servicio	Ago-88	GUATEMALTE
15	27	30	3,171.49	133,202.58	Mogas 95	Cónico	02-06-00	263.56	25-06-14	2,695.99	31-01-12	31-01-12	Fuera de Servicio	12-Jul-88	GUATEMALTE
16	27	30	3,162.84	132,839.28	Mogas 95	Cónico	02-06-00	263.57	25-06-00	2,688.41	31-00-08	31-00-08	Fuera de Servicio	12-Jul-88	GUATEMALTE
Capacidad no Disponible				42,936.93	1,803,351.06				3,050.13	85%	36,497.90				
Capacidad Total TASA				545,885.16	22,927,176.72				58,977.45	85%	463,311.69				

Fuente: Terminales del Atlántico, S. A.

Tabla II. **Tanques auxiliares y producto de consumo equipo tasa**

TANQUE	CAPACIDAD (AG)	PRODUCTO
7	21 000	Sludge
40	8 000	Aditivo para Gasolina
41	8 000	Aditivo para Diesel
SCI-1	550	Diesel consumo sistema contra incendios
SCI-2	550	Diesel consumo sistema contra incendios
G1	300	Diesel consumo generadores Caterpillar & Onan
G2	250	Diesel consumo generadores Caterpillar & Onan

Fuente: Terminales del Atlántico, S. A.

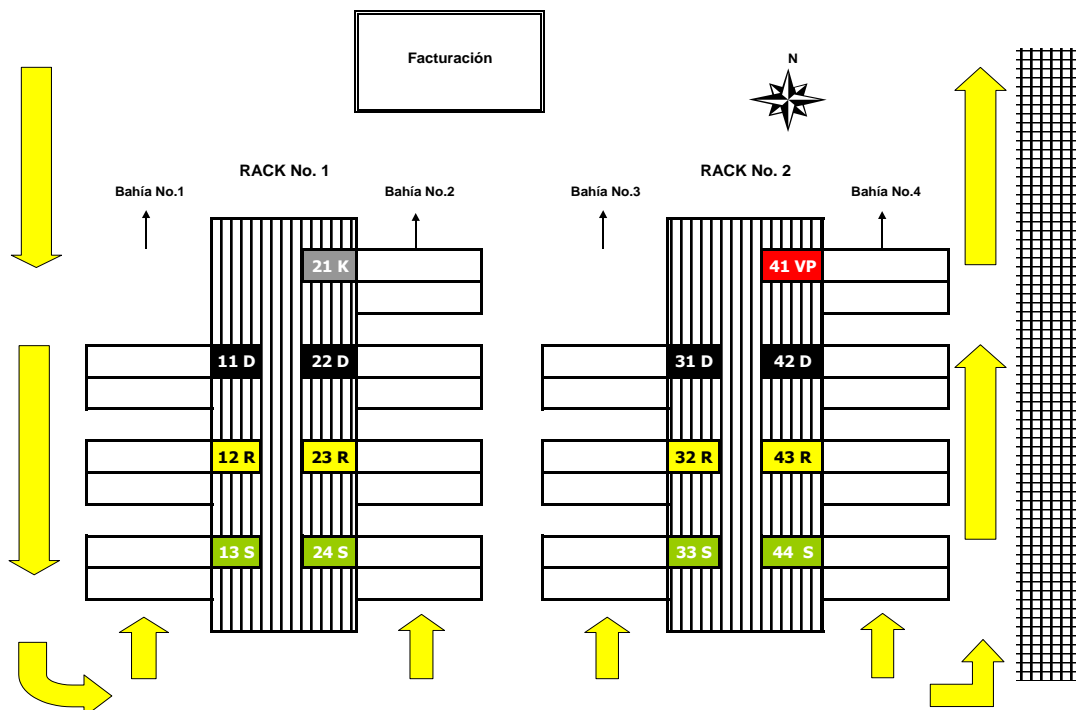
8.4. **Carga de camiones cisternas**

La terminal cuenta con dos cargaderos tipo: *Top Loading* (carga por arriba), el sistema completo de carga cuenta con un alto nivel de automatización, sistemas especiales de combate de incendios y protección de sobrellenado.

Se llena un promedio de 30 camiones diarios (flota contratada UNO Guatemala + flota FOB). El horario de despacho es de lunes a sábado en horario de 04:00 a 14:00 horas.

El sistema de brazos y posiciones de carga se identifican de la siguiente forma:

Figura 1. Sistema de brazos y posiciones de carga



Fuente: Layout del rack de carga de Terminales del Atlántico, S. A.

Los aditivos se inyectan por medio de un sistema automático directamente a la tubería de despacho para cada brazo de carga, la cantidad de aditivo inyectado es controlada por medio del sistema Accuload. Las recetas o fórmulas de aditivación para cada tipo de producto son registradas en el sistema TMS.

8.5. Conceptos generales de iluminación

Un antecedente de la luz que irradia con determinada claridad , un flujo luminoso al incidir sobre una superficie genera en ésta una cierta iluminación, a

la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en candela (cd). (Mora F. , 2013).

8.5.1. Iluminación artificial

Los seres humanos dependemos de la luz para el desarrollo de prácticamente todas nuestras actividades; el uso de luz artificial ha brindado la oportunidad de realizar dichas actividades en ambientes cerrados con poca iluminación o en el transcurso de la noche donde la iluminación es casi nula.

Conde (2016) afirma que el fuego fue la primera forma de iluminación artificial utilizada por nuestros antepasados para compensar la oscuridad de la noche; poco a poco las necesidades del hombre lo llevaron a mejorar esta forma de iluminación artificial, mediante formas primitivas de antorchas, las cuales evolucionaron para dar paso a la vela y a las lámparas de combustión, estas últimas utilizaron combustibles como petróleo, aceite, queroseno, alcohol, entre otros.

La lámpara incandescente, inventada por Thomas Alva Edison en 1879, abrió una nueva era en la iluminación artificial; sin embargo, la lámpara incandescente representa la forma más ineficiente de iluminación eléctrica. (Pacheco, 2010). En 1938, surgen las lámparas de descarga con eficiencias de 5 a 8 veces superiores a las de las lámparas incandescentes, la más conocida es la lámpara fluorescente; sin embargo, estas y otras lámparas de descarga, presentan algunas desventajas, por ejemplo, cuando los tubos de lámparas fluorescentes se rompen, liberan de su interior vapores de mercurio mezclado con argón, los cuales son altamente tóxicos y afectan peligrosamente tanto a la salud humana como al ambiente; otra desventaja es que emiten radiación ultravioleta (UV) debido a su modo de funcionamiento y la exposición

prolongada a luz UV es nociva para la salud humana, especialmente en piel y ojos. (Mora A. , 2013) y (Europea, 2012).

Actualmente existe una gran variedad de tecnologías de iluminación, pero ninguna es perfecta; para lograr eficiencia muchos productos deben sacrificar otros factores, como la calidad del color y su toxicidad. (Raul, 2016).

Actualmente se consume en iluminación un 18% en los hogares y cerca del 30 % en las oficinas, eligiendo un tipo de alumbrado correcto para cada uso, conseguiremos ahorrar entre un 20 % y un 80 % de energía. (Mora A. , 2013).

Esto permitió el avance tecnológico en sistemas de iluminación relacionados con un LED (*Lighting Emitting Diode*) es un diodo semiconductor capaz de emitir luz, desde hace muchos años se ha venido usando en diversos dispositivos, sobre todo en botones para indicar estados como por ejemplo en los botones de grabación de un DVD o según el color indicar si el aparato está encendido (verde) o apagado (rojo). El primer LED se desarrolló en 1927, por Oleg Vladimírovich Lósev, pero no fue hasta los sesenta cuando comenzó a usarse en la industria. Desde entonces los avances se han sucedido y desde los primeros LED que sólo se podían construir en color rojo, verde o amarillo y con una intensidad de luz baja hemos pasado a nuevos que pueden ofrecer una luz blanca y suficiente para iluminar una habitación. (Diferentes, 2015).

Las ventajas que Led presenta para el ser humano son: Eficiencia Energética esto procedente de que reduce con un consumo de hasta un 85% menos de electricidad, mayor vida útil, puede ofrecer unas 45,000 horas de uso, La luz más ecológica, no sólo por el ahorro energético sino por los componentes químicos que la forman. Nada de tungsteno o mercurio y resto de productos tóxicos, baja emisión de calor y mínimo mantenimiento. La eficiencia

energética provoca una mínima emisión de calor provocado por el desperdicio de energía para conseguir la potencia de luz deseada en las bombillas incandescentes. (Santamaria, 2012).

Las tecnologías LED inicialmente como indicador luminoso son parte indispensable en nuestras vidas aportando luz a teléfonos, semáforos, ordenadores o pilotos de encendido y apagado. Luego con potencias de 1W con la finalidad de utilizarlo para iluminar grandes áreas da inicio a la nueva tecnología la cual se le conoce como LED de alta potencia (HPLED, High-Power Light Emitting Diode) o LED de alta luminosidad (*HBLED, High-Brightness Light Emitting Diode*).

El HPLED son diseños más completos que incluyen diversas alternativas de ópticas de control del flujo luminoso, este tipo de LED se utiliza principalmente para iluminación concentrada en aplicaciones exteriores, permitiendo generar amplias posibilidades creativas de diseño y efectos e color, es una fuente de iluminación más eficiente, no tóxica y de tamaño reducido, cuyo uso se está extendiendo de forma rápida en todo el mundo y promete ser una alternativa para reemplazar otras fuentes de iluminación en muchas aplicaciones. Las principales ventajas del HPLED son: no calienta lo que ilumina, el dispositivo no sufre calentamiento excesivo mientras está funcionando, la luz es instantánea y totalmente atenuable mediante circuitos electrónicos, no emite radiaciones UV, la luz no atrae insecto, es más resistente a golpes o vibraciones mecánicas, tienen una gran capacidad de iluminación en un dispositivo relativamente pequeño, presenta una larga vida útil con eficiencia energética. (Aguila, 2008) y (Ciencia, 2006).

La creciente demanda de iluminación, la baja eficiencia de las viejas tecnologías y las exigencias cada vez mayores del hombre moderno por una

iluminación de calidad, exigen la introducción de nuevas fuentes de iluminación y de sistemas de control de luz con mejores características.

Los avances tecnológicos en semiconductores permitieron la evolución del diodo emisor de luz (LED, *Light Emitting Diode*) como fuente de iluminación artificial, inicialmente como indicador luminoso hasta poder utilizarlo para iluminar grandes áreas, tal y como lo hacen la lámpara incandescente y la fluorescente. A esta nueva tecnología se le conoce como LED de potencia (HPLED, *High-Power Light Emitting Diode*) o LED de alta luminosidad (HBLED, *High-Brightness Light Emitting Diode*).

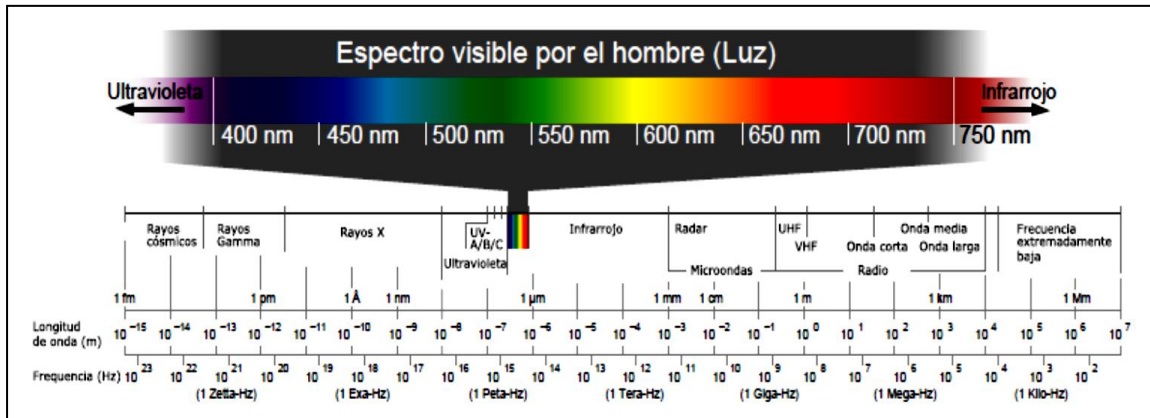
El HPLED es una fuente de iluminación eficiente, no tóxica y de tamaño reducido, cuyo uso se está extendiendo de forma rápida en todo el mundo y promete ser una alternativa para reemplazar otras fuentes de iluminación en muchas aplicaciones. (Juarez, 2015). Las principales ventajas del HPLED son: no calienta lo que ilumina, el dispositivo no sufre calentamiento excesivo mientras está funcionando, la luz es instantánea y totalmente atenuable mediante circuitos electrónicos, no emite radiaciones UV, la luz no atrae insectos, es más resistente a golpes o vibraciones mecánicas, tienen una gran capacidad de iluminación en un dispositivo relativamente pequeño, presenta una larga vida útil con eficiencia energética, y una gran variedad de colores.

8.6. Características de una fuente de luz

La luz es un tipo de radiación en forma de ondas electromagnéticas que hacen posible la visión al ojo humano. La radiación electromagnética puede ser clasificada por su longitud de onda o por su frecuencia (Condori, 2015) (figura 2); la radiación infrarroja (IR) y la ultravioleta (UV) no son visibles para el ojo humano; sin embargo, se incluyen algunas veces en la categoría de luz, pero lo

correcto es llamarlas radiaciones. El rango visible se considera entre 380 nm y 780 nm, fuera de este rango la radiación empieza a hacerse invisible.

Figura 2. **Espectro visible de la luz**



Fuente: *el espectro visible de la luz*. <http://www.batanga.com/curiosidades/2011/10/02/el-espectro-visible-de-luz>. Consulta: mayo de 2016.

8.6.1. **Intensidad radiante**

En radiometría, la intensidad radiante es la medida de intensidad de la radiación electromagnética y está definida como potencia por unidad de ángulo sólido, con unidades de watt sobre estereorradián (W/sr).

8.6.2. **Intensidad luminosa**

La candela es una de las siete unidades básicas del Sistema Internacional (SI) de unidades y se usa para medir la magnitud física de la intensidad luminosa. Una candela es la intensidad luminosa de una fuente que emite radiación monocromática en una dirección dada de frecuencia 540×10^{12} Hz (555 nm, color verde) y cuya intensidad radiante en dicha dirección es $1/683$ W/sr. (Galindo, 2014).

8.6.3. Luminancia

La luminancia es una medida de la intensidad luminosa por unidad de área de una luz que va en una dirección dada. (Lema, 2015). La luminancia describe la cantidad de luz que pasa a través de un área particular en un ángulo sólido. Alternativamente se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada. (Vega, Ipnesia, 2000).

La luminancia de una fuente de luz o de una área iluminada se mide en relación de cuánto es estimulado el ojo y por lo tanto, cuánta impresión de brillo es creada en el cerebro. La luminancia es medida en candelas por metro cuadrado (cd/m²).

8.6.4. Flujo luminoso

El flujo luminoso o potencia luminosa es la medida de la intensidad luminosa percibida. La radiación fuera del espectro visible no contribuye al flujo luminoso. Su unidad de medida en el SI es el lumen (lm), el cual se define a partir de la candela como: (Vega, Ipnesia, 2000).

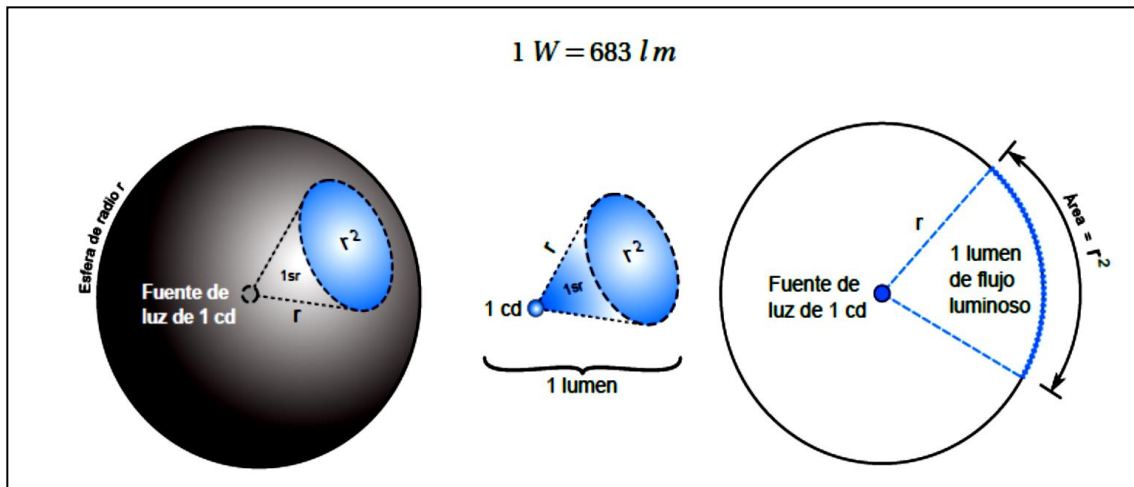
$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \times \text{sr}$$

Un lumen es el flujo luminoso contenido en un estereorradián de una fuente de luz uniforme que tiene una intensidad luminosa de una candela (figura 3).

A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de energía. Empíricamente se demuestra que un cuerpo negro que emite una

radiación con longitud de onda igual a 555 nm y con una potencia de 1W le corresponde 683 lm. Esta relación queda como:

Figura 3. Ilustración gráfica de 1 lumen



Fuente: *Magnitudes y unidades de medida*.

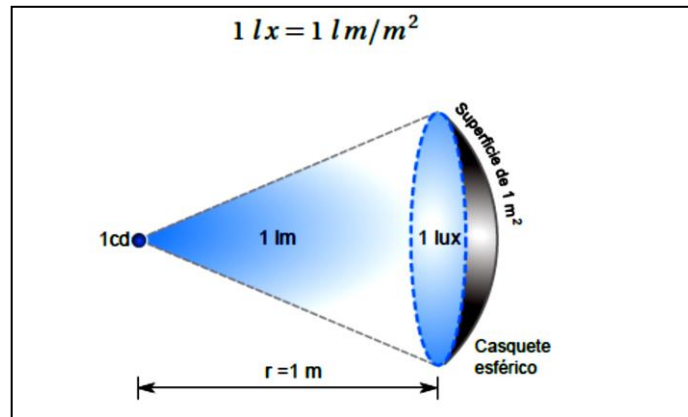
<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>. Consulta: mayo de 2016.

8.6.5. Iluminancia

La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie, por unidad de área; (Vega, Ipnesia, 2000) también se conoce como nivel de iluminación (figura 4). Es importante destacar que el ojo humano sólo ve luminancias, no iluminancias.

La unidad de medida para la iluminancia en el SI es el lux (lx):

Figura 4. **Ilustración gráfica de 1 lux (Iluminancia)**



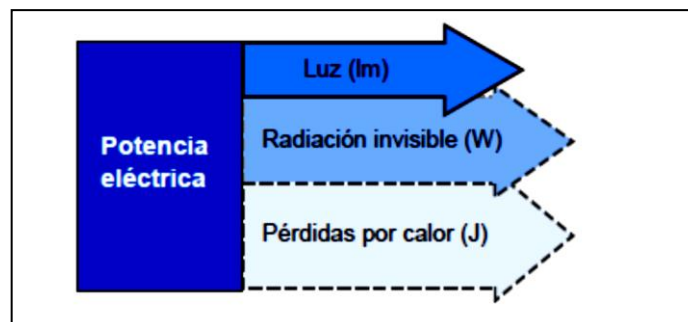
Fuente: *Magnitudes y unidades de medida.*

<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>. Consulta: mayo de 2016.

8.6.6. Eficacia y eficiencia luminosa

Como se muestra en la figura 5, en un sistema de iluminación no toda la energía es convertida en luz, se presentan pérdidas por radiaciones invisibles y por el calor generado en el dispositivo.

Figura 5. **Pérdidas de energía en un sistema de iluminación**



Fuente: *Sistemas de iluminación.* http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/xxii.-sistemas-de-iluminacion. Consulta: mayo de 2016.

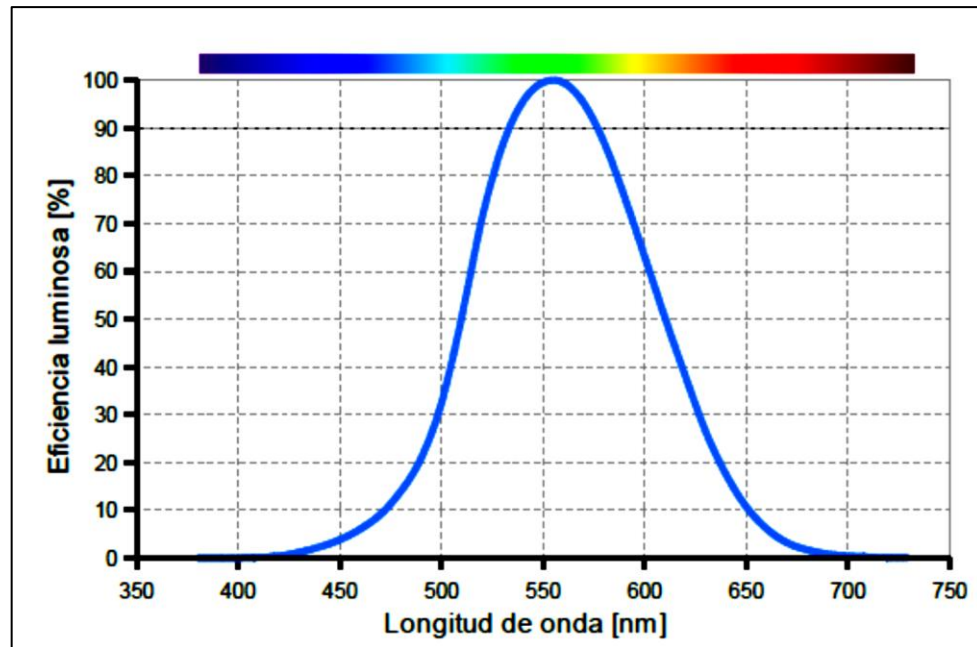
La eficacia luminosa es la razón entre el flujo luminoso (lm) emitido por una fuente de luz y la potencia eléctrica (W) consumida por la misma; se representa por la letra K . Este parámetro describe la cantidad de luz que es capaz de proveer una fuente, a partir de cierta cantidad de electricidad; su unidad es el lumen/Watt (lm/W).

Retomando el equivalente luminoso de energía se puede ver que la máxima eficacia luminosa posible es de 683 lm/W, lo cual indica que toda la energía empleada se está convirtiendo en luz, este valor se representa como K_m .

Por otro lado, la eficiencia luminosa es un valor adimensional que indica la cantidad de energía que es convertida en luz. Es común que por ser adimensional este valor también se exprese como un porcentaje. Entonces, a una fuente de luz con eficacia luminosa $K_m = 683 \text{ lm/W}$ (máxima eficacia posible) le corresponde una eficiencia del 100 %, ya que toda su energía está siendo convertida en luz.

En 1924, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, *Commission Internationale de l'Eclairage*) estableció la función $V(\lambda)$, como el espectro de eficiencia luminosa para la visión fotópica, la cual hace una valoración de las radiaciones en términos de su capacidad para estimular el ojo humano. (Fernández, 2010) Como se observa en la figura 6, la máxima eficiencia se logra en los 555 nm, que corresponde al color verde, y se va degradando conforme se acerca a las radiaciones IR y UV. Este estándar prevalece de forma mundial, aunque existen algunos otros (para visión mesópica y escotópica) que se ajustan mejor al comportamiento del ojo dependiendo de las condiciones de iluminación.

Figura 6. **Espectro de eficiencia luminosa para la visión fotópica**



Fuente: *Curva de eficiencia luminosa*. http://www.gusgsm.com/curva_eficiencia_luminosa.

Consulta: mayo de 2016.

Se puede utilizar $V(\lambda)$ para relacionar la eficacia y eficiencia luminosa. Usando la eficacia luminosa en función de la longitud de onda $K(\lambda)$, se tiene que el máximo valor de $K(\lambda)$ es K_m y se denomina máxima eficacia luminosa (683 lm/W). La razón entre $K(\lambda)$ y K_m es llamada eficiencia luminosa espectral $V(\lambda)$. En forma de ecuación se tiene que:

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m}$$

Para una fuente de luz artificial los parámetros más utilizados son el flujo luminoso y la eficacia luminosa. En la industria de la iluminación, el flujo luminoso se conoce como “lumens por dispositivo”. Una fuente de luz con

mayor número de lumens por dispositivo y con una eficacia mayor es lo que se busca al momento de decidir quién produce más luz con menos energía eléctrica.

En la tabla III se concentran los parámetros y unidades de medida utilizados en iluminación.

Tabla III. **Unidades empleadas en iluminación**

Cantidad	Unidad
Intensidad radiante	<i>W/sr</i>
Intensidad luminosa	<i>cd</i>
Luminancia	<i>cd/m²</i>
Flujo luminoso	<i>lm</i>
Iluminancia	<i>lux</i>
Eficacia luminosa	<i>lm/W</i>
Eficiencia luminosa	%

Fuente: *Magnitudes y unidades de medida*.

<http://recursos.citcea.upc.edu/Ilum/fotometria/magnitud.html>. Consulta: mayo de 2016.

8.6.7. Iluminación en estado sólido

La iluminación en estado sólido (SSL, *Solid-State Lighting*) es un tipo de iluminación artificial en la que se emplean los LED como fuente de luz en lugar de usar filamentos o gas, como los utilizados en las lámparas incandescentes y de descarga respectivamente. El término *sólido* hace referencia al hecho que la luz de un LED es emitida por un objeto semiconductor de estado sólido.

Los LED son la tecnología SSL de mayor disponibilidad en el mercado, debido a que ofrece gran variedad de ventajas sobre las tecnologías de iluminación tradicionales, desde la eficiencia y longevidad hasta la capacidad de generar de manera directa una gran cantidad de colores. Los LED están reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación. La posibilidad de usar los HPLED como fuente de iluminación general (luz blanca) es una de las principales promesas de cara al futuro.

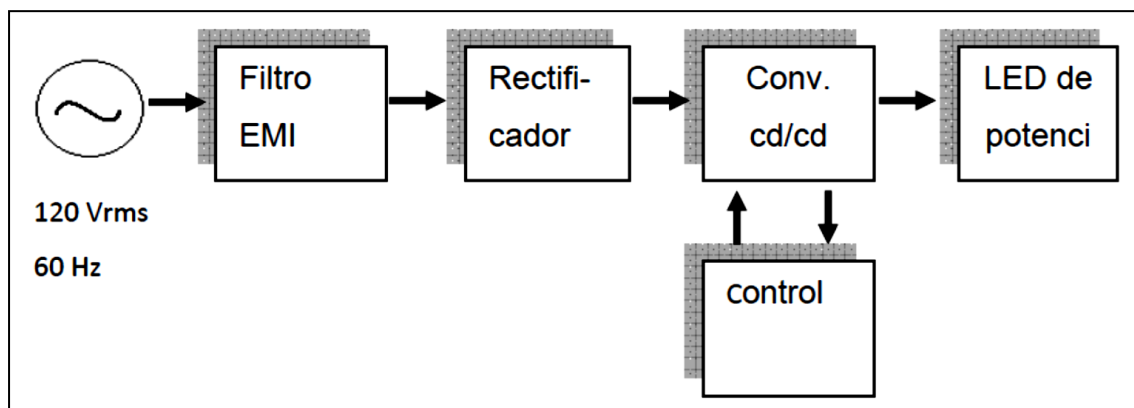
Una de las aplicaciones con mayor demanda en la iluminación artificial es la iluminación decorativa, en la cual se utilizan diversos colores de luz además de la luz blanca. La iluminación decorativa permite dar un ambiente personalizado a cada lugar según lo requiera. El escoger una combinación de colores adecuada puede ayudar a crear un ambiente agradable, mejorar la condición física, la salud y dar una buena apariencia al lugar que se ilumina.

Con los LED se pueden obtener luz blanca y luz de colores; se puede tener luz blanca utilizando lo LED destinado a este propósito, pero también es posible obtenerla usando un sistema de mezcla de colores, en donde se utilizan arreglos LED. La mezcla de colores además de generar luz blanca, permite generar luz de otros colores.

La iluminación con dispositivos LED, tiende a ser la luz del mañana por la convergencia que representan a través de varias mejoras, las cuales están consiguiendo realizar un cambio espectacular en la industria del sector. (Electric, 2013) Es más fácil controlar un arreglo de LED que cualquier otro tipo de lámparas. Sin embargo, tienen su propio conjunto de requerimientos y cambios. No necesitan calentamiento, ni altos voltajes de alimentación para encenderlos, pero estos dispositivos requieren de una fuente de corriente constante y regulada para asegurar una salida de iluminación consistente y

desarrollar una vida larga. En la Figura 7 se muestra un diagrama a bloques de un sistema de iluminación de estos dispositivos alimentados desde la línea de ca; por lo tanto, requieren de un filtro para eliminar interferencias electromagnéticas, un circuito rectificador, un convertidor cd/cd puesto que se requiere de un voltaje de cd para alimentar estos dispositivos y su correspondiente circuito de control. (Riquetti, 2015)

Figura 7. **Diagrama de bloques sistema iluminación LED**



Fuente: *Bloques de sistemas de iluminación led.*

<https://www.google.com.gt/search?q=Diagrama+de+bloques+sistema+iluminaci%C3%B3n+LED&biw=1280&bih=923&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwip66Gwn4XNAhWC Hh4KHUAmD4UQsAQIGQ&dpr=1#imgrc=2ZMo8li-2e2hMM%3A>. Consulta: mayo de 20416.

8.6.8. **Historia de la iluminación con Tecnología LED**

El primer LED fue desarrollado en 1927, por Oleg Vladimírovich Lósev (1903-1942); sin embargo, no se usó en la industria hasta los años sesenta. Solo se podían construir de color rojo, verde y amarillo con poca intensidad de luz y limitaba su utilización a mandos a distancia (controles remotos) y electrodomésticos para marcar el encendido y apagado. A finales

del siglo XX se inventaron los LED es ultravioletas y azules, lo que dio paso al desarrollo del LED blanco, que es un LED de luz azul con recubrimiento de fósforo que produce una luz amarilla, la mezcla del azul y el amarillo produce una luz blanquecina denominada «luz de luna» consiguiendo alta luminosidad (7 lúmenes unidad) con lo cual se ha ampliado su utilización en sistemas de iluminación. (Alberto, 2005)

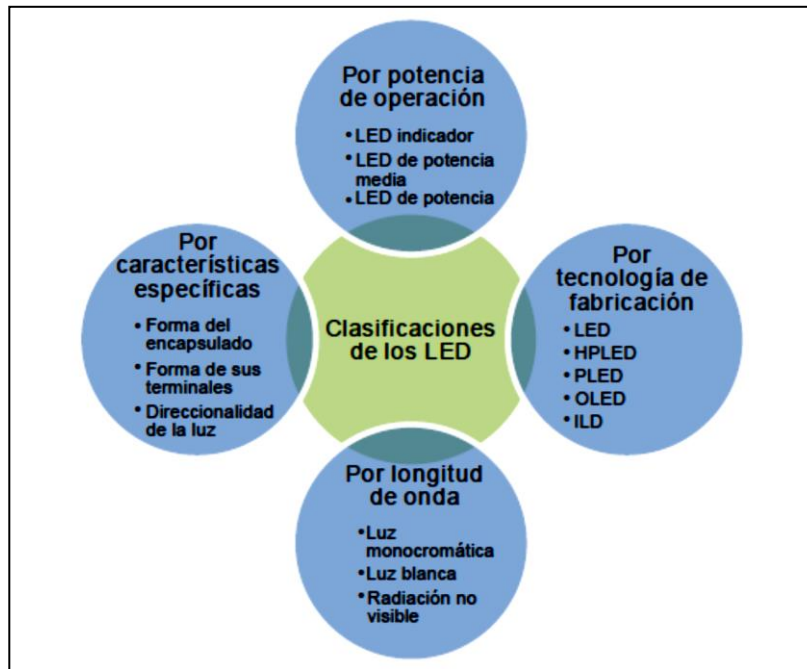
8.6.9. Funcionamiento físico de las luminarias LED

Pérez, (2012) afirma que el funcionamiento normal consiste en que, en los materiales conductores, un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, pierde energía; esta energía perdida se puede manifestar en forma de un fotón desprendido, con una amplitud, una dirección y una fase aleatoria. (Integrados, 2015). Esta esa energía perdida cuando pasa un electrón de la banda de conducción a la de valencia se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de energía (calor por ejemplo) depende principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona p se mueven hacia la zona n y los electrones de la zona n hacia la zona p; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo. (Trujillo, 2012).

8.6.10. Tipos de LED

Dependiendo de la aplicación, los LED se pueden clasificar de acuerdo a la Figura 8, la cual se describe a continuación.

Figura 8. Clasificación de los LED, según su aplicación



Fuente: *Clasificación de los LEDs y su aplicación en luminarios para interiores y exteriores.*

<http://www.iluminet.com/leds-interiores-exteriores/>. Consulta: mayo de 2016.

8.6.10.1. Por potencia de operación

La corriente y el voltaje de polarización directa del LED determinan la potencia de operación del LED ($P = V I$), la cual está relacionada con la cantidad de flujo luminoso que emite el LED; (Vega, Ipnesia, 2000) a mayor potencia de operación el LED puede entregar mayor flujo luminoso (aunque esto no implica eficacia o eficiencia). Con base en los LED se pueden clasificar en:

- LED indicador: operan en un rango de 30 a 60mWde potencia eléctrica.

- LED de potencia (HPLED o HBLED): son los LED que trabajan con una potencia eléctrica mayor o igual a 1 W. Se toma como referencia el primer HPLED comercial (LUXEON, de Philips Lumileds, el cual trabaja a 1W).
- LED de potencia media: LED con potencia menor a 1W que pueden usarse para iluminación de áreas pequeñas.

8.6.10.2. Por longitud de onda

La aplicación de los LED en iluminación general, donde se requiere luz blanca, en iluminación decorativa, donde se requieren luces de color, y en aplicaciones especiales, donde se usan radiaciones no visibles, hace necesaria esta clasificación:

- Luz monocromática: son los LED que emiten luz con una longitud de onda dominante (azul, verde, amarillo, rojo, entre otros).
- Luz blanca: se basan en el LED azul y la adición de un fosfato para generar luz blanca. A su vez pueden dividirse en luz blanca neutra, cálida y fría.
- Radiación no visible: son los LED que emiten radiación IR y UV.

8.6.10.3. Por tecnología de fabricación

Aunque no todas las tecnologías LED tienen un nombre específico y algunas se pueden incluir dentro de otras, son populares las siguientes:

- LED: LED convencional, indicador o de potencia media.
- LED polímero (PLED, Polymer LED): contruidos con un polímero, su principal característica es adoptar la forma de una lámina flexible.

- LED orgánico (OLED, Organic LED): contruidos a partir de un material orgánico, aunque su eficiencia es cercana a la de los HPLED, su desventaja es tener un tiempo de vida más corto.
- Diodo láser de inyección, (ILD, Injection Laser Diode): LED que puede emitir luz coherente (láser).

8.6.10.4. Por características específicas

Se pueden hacer otras clasificaciones de acuerdo a alguna característica específica del LED, como pueden ser:

- Por forma del encapsulado: LED cuadrado, rectangular, redondo (2, 5, 10 mm, entre otros).
- Por forma de sus terminales: LED de montaje superficial (SMD, surface mount device); LED de montaje por perforación (through-hole).
- Por direccionalidad de la luz: LED estándar, LED de luz direccional, LED de luz dispersa.

8.6.11. LED de potencia (HPLED)

La tecnología del HPLED tuvo que mejorar varios aspectos del LED convencional o indicador para generar más luz.

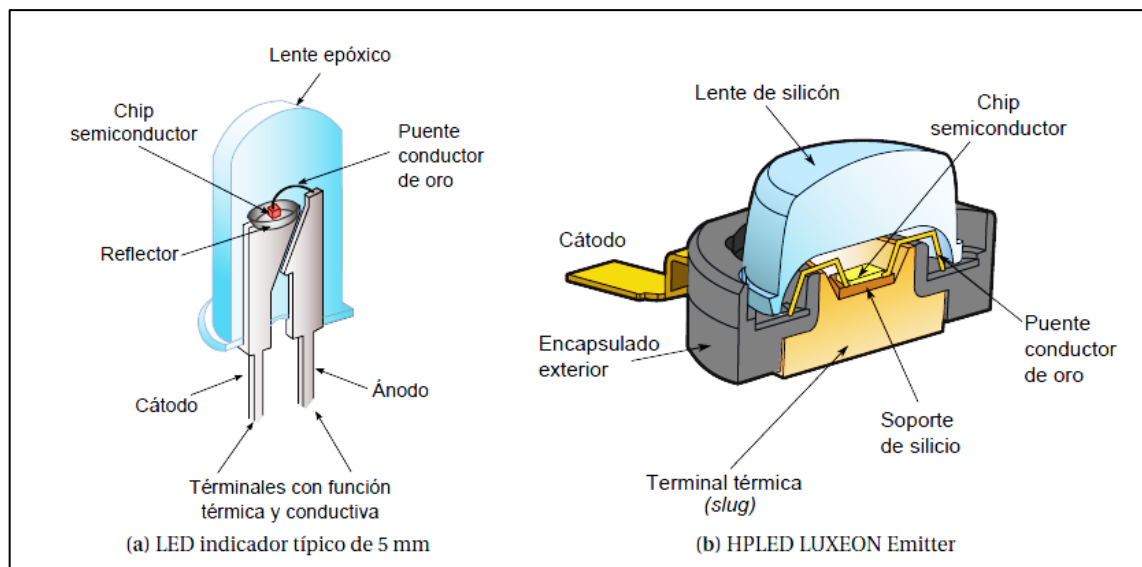
Terminal térmica (slug): El tratamiento del calor en el LED es una de las claves para lograr un mayor flujo luminoso por dispositivo, ya que la mayor parte de calor se genera en la unión p-n y depende de la cantidad de corriente que pasa por ella. El calentamiento del LED convencional limita su uso a bajas potencias y corrientes de operación (alrededor de 20 mA). A 20 mA, un LED

convencional de 5 mm de luz blanca genera cerca de 1 lm, mientras que operando a 350 mA el primer HPLED (LUXEON) obtiene 20 lm de luz blanca.

Los HPLED son diseñados para manejar altas potencias y grandes cantidades de calor.

El encapsulado soporta el calor generado y puede trasmitirlo a disipadores de calor externos mediante la terminal térmica, la cual se encarga de sacar el calor fuera del chip semiconductor; mientras que en el LED convencional son el encapsulado y las mismas terminales ánodo y cátodo las que disipan el calor (figura 9).

Figura 9. Estructura interna del LED y HPLED



Fuente: *Estructura interna de un diodo*. http://www.asifunciona.com/fisica/af_leds/af_leds_4.htm.

Consulta: mayo de 2016.

Chip semiconductor. El chip semiconductor de un HPLED es más grande y puede generar más luz; además su forma está optimizada para extraer la luz de manera más eficiente.

Material del lente: el lente de un HPLED está hecho de plásticos especiales como silicón, el cual tiene una vida más larga que la resina epóxica de los LED convencionales. Los materiales epóxicos tienden a deteriorarse a temperaturas altas, en las cuales la resina se torna amarillenta, lo cual decrementa la luz generada.

Resistencia del encapsulado: a temperaturas muy bajas los encapsulados tradicionales se vuelven rígidos y quebradizos, y a temperaturas altas se expanden y se ablandan. Los materiales para el encapsulado de los HPLED no sufren cambios en temperaturas extremas, en el caso del HPLED LUXEON su rango de temperatura es de -40 a 120 °C. El encapsulado y la lente del HPLED son mecánicamente más robustos, son resistentes a golpes y vibraciones, a diferencia de las lámparas incandescentes y halógenas que son bastante frágiles.

Reducción gradual de la luz: todos los tipos de LED presentan el problema de la reducción gradual de luz durante su tiempo de operación. Como se ve en la Figura 9, los LED convencionales tienen una reducción significativa de luz comparado con el HPLED.

8.6.12. Eficiencia energética

La eficiencia energética es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objeto procurar bajar el uso de energía. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden

desean ahorrar energía para reducir costes energéticos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica. También se denomina ahorro de energía.

8.6.13. Clasificación de áreas peligrosas

En áreas donde se almacena combustible, se deben elaborar dibujos de áreas clasificadas indicando los límites en vistas de planta y cortes transversales y longitudinales de forma que puedan ser verificadas objetivamente. Estos planos servirán, como base para la selección del equipo y materiales eléctricos a utilizarse en el proyecto de Instalación de luminarias de tecnología LED. (Accesorios Sección F (Fittings))

La iluminación artificial juega un papel importante dentro del desarrollo de cualquier proyecto, ya que en un estudio adecuado de la misma se obtendrá una mejor productividad del mismo, tiene además un impacto respecto la estética de las edificaciones. Por medio de la iluminación artificial tenemos una incidencia directa en el ser humano al promover o evitar la estancia prolongada dentro de los espacios que ocupan las personas e inclusive en el exterior de los mismos. (Pacheco, 2010, pág. 1)

Características y beneficios

- Menos consumo energético: en general, una lámpara LED consume un 65 % menos que las fluorescentes, 80 % menos que las halógenas e incandescentes y el 50 % de las de bajo consumo.

- Menos contaminantes: no contienen mercurio ni otros metales pesados y emiten menos CO2 para conseguir la misma iluminación como consecuencia de su bajo consumo. Además no irradian ultravioletas ni infrarrojos.
- Larga durabilidad y buen mantenimiento del flujo lumínico: la durabilidad de una lámpara LED puede llegar a ser de 50 000 horas.
- Encendido rápido: gran ventaja respecto las lámparas fluorescentes compactas.
- Generan poco calor: no queman al tocarlas aunque lleven horas encendidas y ahorran energía en climatización en verano al no emitir calor.
- Gran variedad cromática: están disponibles en varios colores con un precio similar al de la luz blanca estándar.
- Facilidad de mantenimiento: la reposición de las luces LED es muy sencilla y no requiere mano de obra especializada.
- Grandes posibilidades de diseño: la variedad de tamaños, colores y la regulación total de la intensidad permite unas posibilidades decorativas y funcionales infinitas.

8.7. Tipos de mantenimiento

Las luminarias de tecnología LED a causa de su larga vida, evitan interrupciones del servicio, perjuicios y reemplazos constantes, ofreciendo un ahorro excepcional en el mantenimiento. (LED, 2009) A continuación se describen los tipos de mantenimiento.

8.7.1. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento programado que se efectúa a la instalación con el propósito de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, prolongar la vida útil y evitar accidentes.

Un programa de mantenimiento preventivo mantiene en buen estado el equipo, se realiza a través de las visitas, revisiones y limpieza. (Viloria, 2003. p.59)

8.7.1.1. Visita

Realizar inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones para comprobar el estado de la luminaria LED. Para ser considerada como tales, las visitas deben: a) verificar las inspecciones en el lugar de trabajo; b) ser rápidas; c) no desarmar elementos complejos; d) realizar pequeñas reparaciones, y e) utilizar en lo posible métodos no destructivos.

8.7.1.2. Revisiones

Son intervenciones que se realizan en la luminaria LED para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa. Para ser consideradas como tales, deben: a) desmontar partes de la luminaria cuando, por consecuencia de la visita previa, se detecta la posibilidad de existencia de anomalías; b) reparar las anomalías encontradas, y c) sustituir piezas sujetas a desgaste rápido.

8.7.2. Mantenimiento correctivo

Reparación que se realiza a la instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa de falla. (Viloria, 2003. p.72)

El mantenimiento correctivo tiene dos funciones perfectamente definidas:

- Corregir aquellas fallas sistemáticas que presenta en la instalación, llegando incluso al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos, de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo.
- Reacondicionamiento de la instalación que por su uso ya se encuentra en condiciones que hacen difícil su operación.

8.7.3. Mantenimiento proactivo

Es el tipo de mantenimiento más adelantado, ya que en él se emplea herramienta sofisticada para el diagnóstico de las posibles averías; es similar al mantenimiento predictivo, solo que de una manera más completa y con el uso de alta tecnología, ya sea por medio de rayos X, o por el uso de material electrónico, para detectar fisuras, desgaste de piezas indispensables para el funcionamiento de la luminaria, las cuales no se podría detectar por simple inspección. Es de mucha utilidad para un programa de mantenimiento preventivo, aunque por el alto costo de las herramientas de alta tecnología, solamente es utilizado por empresas grandes, que al aumentar la producción de dicha herramienta y al bajar los precios en un futuro, podría ser de uso más común. (Viloria, 2003. p.81)

Al aplicar el mantenimiento proactivo, el preventivo ya no depende del tiempo exclusivamente, sino que las actuaciones varían para conseguir optimizarlos, de tal forma que el mantenimiento sea un beneficio para su centro.

8.7.4. Mantenimiento predictivo

Utilizado como una herramienta que permite pronosticar anticipadamente y con mucha certeza la posible ocurrencia de una falla, el mantenimiento predictivo evalúa una serie de situaciones y parámetros para estimar la probabilidad de que algún componente presente una situación desfavorable, al determinar el estado actual de funcionamiento los componentes con probabilidad de presentar alguna discontinuidad podrán reemplazarse, antes de fallar gracias a la gestión de mantenimiento. Permitiendo alcanzar una reducción del tiempo muerto del equipo y maximizar el tiempo de vida de la luminaria. (Viloria, 2003).

8.8. Metodología de las inspecciones

Luego de concluir el análisis y las investigaciones de realizar un mantenimiento predictivo para las luminarias de tecnología LED, se establecerán las variables físicas a controlar.

El monitoreo pretende obtener una indicación de la condición o estado de la luminaria LED, permitiendo operar con seguridad y economía.

La medición de una variable física que se considera un valor equivalente de la condición y su comparación con valores previamente estandarizados que indican si los equipos están en buen estado o con fallas. Las tecnologías de automatización para técnicas de análisis de la condición, ampliaron el campo

del monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos.

Con el monitoreo de la condición de la luminaria, definiendo los objetivos que se pretende alcanzar debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico. (Hernández; Espinoza y Abad, 2012, p. 132)

- Observar: su objetivo es determinar la aparición de una falla. Debe distinguir entre condición buena y mala, las condiciones malas deberán indicar la gravedad.
- Protección: su objetivo es evitar fallas catastróficas. Tener una adecuada protección cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos para la luminaria.
- Diagnóstico de fallas: evaluación que encuentra el problema específico.
- Pronosticar la esperanza de vida: su objetivo pronostica el tiempo de funcionamiento sin riesgo de una falla catastrófica.

8.9. Funcionamiento del equipo en general

Sistema de seccionamiento inteligente que utiliza la tecnología de detección, seccionamiento motorizado, control microprocesado y mando a distancia para mejorar la continuidad del servicio de luminaria de tecnología LED en tensiones de 69 KV a 230 KV y corrientes de 600 a 3 000 Amperes. Su instalación puede ser fase sobre fase u horizontal, dependiendo de las condiciones y necesidades del cliente y se adapta a cualquier tipo de montaje en diferentes tipos de estructuras. (Caveda y Alcojor, 2013, p. 211)

9. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

El reemplazo de las luminarias actuales de Vapor de Sodio de 1 000 Watts, por Luminarias de tecnología LED - Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz) reducirá el consumo de energía eléctrica, lo cual justificará económicamente la inversión a realizar.

10. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

1.1. Necesidades de eficiencia energética

1.1.1. A nivel global

1.1.2. A nivel de América Latina

1.1.3. A nivel de Centro América

1.2. Necesidad de eficiencia energética en Guatemala

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos básicos de iluminación

2.2. Características de una fuente de luz

2.3. Conceptos de diseño para iluminación de áreas exteriores

2.4. Tipos de luminarias y su ubicación en la escala de eficiencia energética

2.5. Diodo emisor de luz

2.5.1. Tipos de LED

2.5.2. Aplicaciones para diferentes tipos de LED

2.5.3. Led de potencia (HPLED)

3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO DE LA TERMINAL

3.1. Circuitos de iluminación actuales

3.2. Medición y análisis de consumo energético para circuitos de iluminación exterior

3.3. Cálculo del costo de energía eléctrica para circuitos de iluminación

3.4. Cálculo de consumo energético teórico utilizando luminarias LED

3.5. Cálculo del costo teórico de energía eléctrica para circuitos de iluminación utilizando luminarias LED

3.6. Evaluación de ahorro por uso de tecnología LED para iluminación exterior

4. EVALUACIÓN DE PROYECTO DE INVERSIÓN EN NUEVO SISTEMA ILUMINACIÓN LED PARA ÁREAS EXTERIORES

4.1. Diseño del sistema

4.2. Selección de modelos de luminarias LED

4.3. Evaluación y justificación económica del proyecto

4.4. Plan de inversión para el proyecto

4.5. Cronograma de ejecución del proyecto

5. ANÁLISIS FINANCIERO

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXOS

11. METODOLOGÍA

Para este diseño de investigación se aplicará el método científico. Debido a que el propósito de esta investigación es el resolver un problema de eficiencia energética, se aplicará una investigación activa que permita determinar las circunstancias actuales de la operación y encontrar una propuesta de solución adecuada a la condición específica.

11.1. Fase 1: investigación preliminar

Se recopilará información sobre las necesidades de iluminación de áreas exteriores de la terminal, el diseño y la distribución de los circuitos de iluminación y el inventario de las luminarias de vapor de sodio de 1,000 vatios instaladas para la iluminación de áreas exteriores. Con base a esta información, se hará el cálculo teórico de consumo de energía para el sistema de iluminación instalado actualmente. Para completar esta fase se hará uso de las siguientes técnicas para obtención de información:

- **Análisis de documentos:** se realizará una revisión de los documentos disponibles relacionados con las áreas de investigación, estos documentos incluirán las facturas de consumo de energía eléctrica de los últimos 12 meses, los registros estadísticos de la terminal sobre el consumo de energía eléctrica de los últimos 12 meses, planos de instalación de los sistemas de iluminación y memorias de cálculo,
- **Entrevistas:** esta técnica se utilizará para obtener información en forma verbal de las personas que tienen a su cargo el control de costos

operativos de la terminal, los procesos de mantenimiento eléctrico y la administración de los proyectos de inversión. Se utilizarán fichas para mantener registro de la información recopilada en estas entrevistas.

- Estadísticas y gráficas: se utilizarán para presentar de una forma más estructurada y facilitar la comprensión de la información cuantitativa que se obtenga en esta fase de investigación preliminar.

11.2. Fase 2: investigación de campo

Utilizando un modelo de estudio no experimental cuantitativo, las variables a medir serán el consumo de energía eléctrica y el costo de energía eléctrica para los sistemas de iluminación exterior, estas variables son dependientes. Como indicadores para cada variable se utilizará el kilovatio-hora para la variable “consumo de energía eléctrica” y el monto en quetzales para la variable “costo de energía eléctrica”. Se aplicará la técnica de observación directa para el levantamiento de información durante las mediciones de consumo eléctrico en los circuitos de iluminación, dichas mediciones se realizarán con apoyo de personal de la terminal y personal subcontratado. La información de campo se registrará en fichas para mantenerla de forma más organizada y accesible.

Se contactarán proveedores locales para ver alternativas en el mercado de luminarias LED que presenten mejor eficiencia energética que las luminarias actuales, se seleccionarán los dos modelos más eficientes que se encuentren, para realizar cálculos teóricos del costo de energía eléctrica utilizando dichos modelos, se calculará el diferencial de costo para tener el monto estimado del ahorro en consumo eléctrico. Adicionalmente se estimarán los ahorros

relacionados a reducción de costo de mantenimiento y vida útil de las luminarias.

11.3. Fase 3: cálculo teórico

Se realizará el cálculo teórico de las variables dependientes “consumo de energía eléctrica” y “costo de energía eléctrica” bajo el escenario de cambio de las luminarias de vapor de sodio de 1,000 vatios, por un modelo de luminarias LED a determinar. En esta etapa se realizará la propuesta de diseño de la nueva instalación.

11.4. Fase 4: redacción del informe final, análisis económico

Se presentan los resultados y conclusiones de la investigación. El análisis económico está relacionado no solo con el éxito del buen y correcto funcionamiento de las instalaciones de luminaria LED, si no también, en la relación costo/beneficio de utilizar.

12. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El análisis de la información es de tipo cuantitativo y los métodos para el análisis de resultados están basados en la estadística descriptiva.

Se aplicarán técnicas estadísticas que consistirán en la tabulación de la información obtenida en campo, la información además de presentarse en tablas, también se presentará de forma gráfica para una mejor comprensión. Se aplicarán medidas estadísticas de tendencia central para analizar la información de manera más detallada.

Los datos históricos de las variables en estudio se analizarán con herramientas de estadística descriptiva para estudiar de forma detallada el comportamiento de las variables bajo estudio.

Finalmente, se hará una comparación de los resultados obtenidos de la investigación de campo (medida física de las variables) y de los resultados obtenidos de los cálculos teóricos de las variables al aplicar la solución de instalación de un sistema de luminarias LED de alta eficiencia.

El resultado de la comparación se evaluará con herramientas de análisis financiero tales como: “tasa de retorno de inversión”, “período de recuperación de la inversión”, “valor presente neto”, entre otros, con el objetivo de justificar el proyecto de inversión en un nuevo sistema de luminarias.

13. CRONOGRAMA

Figura 10. Cronograma de actividades

Nombre de la actividad	Duración	Comienzo	Fin	Recursos	Julio '16				Ago. '16				Sep. '16				Oct. '16			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección del material bibliográfico	13	17-jul	30-jul	Investigación			■	■												
Fase de levantamiento de información de campo	24	31-jul	23-ago	Trabajo de campo			■	■	■	■	■	■								
Organización y análisis de información	15	24-ago	08-sep	Organización y análisis								■	■							
Elaboración de propuesta de solución	14	09-sep	25-sep	Conclusiones									■	■						
Completar informe de trabajo de Tesis.	21	23-sep	14-oct	Documentación												■	■	■	■	

Fuente: elaboración propia.

14. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para la realización de esta investigación se necesitarán los siguientes recursos:

14.1. Recursos humanos

Se refieren a las personas que se requerirá que dediquen tiempo para realizar esta investigación.

Se cuenta con un investigador de tiempo completo, quien se encargará de recopilar la información necesaria para la investigación e interactuar con el personal de la terminal que proporcionará la información disponible.

Se cuenta con un profesional con título de Maestría y experiencia en desarrollo de proyectos, quien realizará la función de asesor de trabajo de investigación y tendrá un costo de Q 2 500,00, por servicios de asesoría de hasta un año de duración.

14.2. Recursos físicos

Se refieren a la infraestructura en espacios de trabajo, mobiliario y medios de transporte; para este proyecto específico, los recursos físicos están disponibles y serán proporcionados por Terminales del Atlántico, S. A. como parte de los recursos disponibles regularmente para la operación.

14.3. Recursos técnicos y tecnológicos

Se refieren a los diversos equipos eléctricos y electrónicos que se necesitarán para realizar la investigación, al igual que el soporte técnico que pueda requerirse para el levantado de la información. En el caso de los recursos tecnológicos, se utilizarán los disponibles en Terminales del Atlántico, S. A. para las operaciones normales y en el caso de los recursos técnicos necesarios para mediciones de consumo eléctrico, se utilizará a personal interno de la terminal combinado con servicios de contratistas, externos lo cual será cubierto por el presupuesto de la terminal para proyectos de ahorro y eficiencia operativa.

14.4. Materiales de oficina

Los recursos necesarios para materiales de oficina serán proporcionados por Terminales del Atlántico, S. A., ya que el costo no es elevado y se justifica con el valor de la información que se obtendrá al completar la investigación y presentar la propuesta final de inversión.

Tabla IV. Recursos físicos, técnicos, tecnológicos y materiales

RECURSOS HUMANOS			
Cantidad	Concepto	Costo Estimado (Q)	Observación
1	Asesoría de trabajo de investigación (profesional con grado de Maestría y experiencia en desarrollo de proyectos)	2 500,00	Asesor aprobado para trabajo de graduación
Costo total recursos humanos (Q)		2 500,00	
RECURSOS FÍSICOS			
Cantidad	Concepto	Costo Estimado (Q)	Observación
1	Oficina de 4 X 4 mts con aire acondicionado	0	Disponible en la terminal
1	Escritorio de trabajo	0	Disponible en la terminal

Continuación de la tabla IV.

4	Sillas de oficina	0	Disponible en la terminal
1	Mesa de reuniones para 4 personas	0	Disponible en la terminal
1	Vehículo para traslado a visitas de campo	6 000,00	Costo mantenimiento y depreciación
50	Galones de combustible para traslado hacia Puerto Barrios a visitas de campo	1 750,00	Costo estimado Q 35/galón
Costo total recursos físicos (Q)		7 750,00	
RECURSOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS			
Cantidad	Concepto	Costo Estimado (Q)	Observación
1	Computadora tipo laptop, procesadore Intel Core i7, 500 GB	0,00	Disponible, propiedad del investigador.
1	Conexión inalámbrica a Internet (4 meses)	1 200,00	
1	Camara digital de fotografía y video	0,00	Disponible en la terminal
1	Proyector para computadora	0,00	Disponible en la terminal
1	Servicios de empresa contratista para medición de parámetros eléctricos en campo	20 000,00	Incluye mano de obra y renta del equipo
Costo total recursos técnicos y tecnológicos (Q)		21 200,00	
RECURSOS MATERIALES DE OFICINA			
Cantidad	Concepto	Costo Estimado (Q)	Observación
2	Resmas de papel bond, tamaño carta, blanco, 80 grs	150,00	
10	Bolígrafos color negro	50,00	
1	Portaminas 0.5 mm	25,00	
1	Borrador	5,00	
1	Engrapadora	30,00	
1	Sacabocados	25,00	
6	marcadores para pizarrón	50,00	
4	Marcadores resaltadores fluorescentes	40,00	
Costo total recursos materiales de oficina (Q)		375,00	
Total recursos económicos requeridos (Q)		31 825,00	

Fuente: elaboración propia.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguila, I. G. (15 de octubre de 2008). *Iluminet*. Obtenido de Iluminet: <http://www.iluminet.com/diodos-emisores-de-luz-de-alta-potencia-de-1w/>.
2. Alberto. (2005). *Diodos luminosos*. Obtenido de <http://diodosluminosos.blogspot.com/>.
3. Ciencia, X. (23 de febrero de 2006). *Beneficios de La Luz LED*. Obtenido de Beneficios de La Luz LED: <http://www.xatakaciencia.com/tecnologia/beneficios-de-la-luz-led-de-alta-potencia>.
4. Conde, J. A. (12 de enero de 2016). *Prezi*. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de <https://prezi.com/gn7n96ioyzcj/copy-of-iluminacion/>.
5. Condori, R. (17 de Febrero de 2015). *Myslide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/evaporacion-y-evapotranspiracion-climatologia.html>.
6. CONTRUMÁTICA. (s.f.). Iluminación Artificial. *CONTRUMÁTICA*, 1.

7. Diferentes, I. (11 de mayo de 2015). *Ideas Diferentes*. Recuperado el 30 de mayo de 2016, de <http://ideasdiferente.blogspot.com/2015/05/que-es-la-iluminacion-led.html>.
8. Electric, G. (10 de junio de 2013). *Proyectos de ingeniería*. Obtenido de <http://www.proyectosdeingenieria.mx/equipos.html>.
9. Europea, C. (2012). *Efectos de la Luz Artificial*. Obtenido de Efectos de la Luz Artificial: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/index.htm#1.
10. Fernández, A. (3 de enero de 2010). *Grupo S. L.* Obtenido de <http://gruposl.blogspot.com/>.
11. Galindo, I. (7 de mayo de 2014). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/7pixv4pkvm5u/511-definicion-de-terminos-de-unidades-de-medicion-de-los/>.
12. Integrados, C. (2015). *Blin 182*. Obtenido de <https://blin182.wordpress.com/circuitos-integrados-y-tablas-de-verdad/>.
13. Juarez, J. (8 de agosto de 2015). *Myslide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/mi-201-diseno-de-proteccion-para-cable-de-fibra-optica.html>.

14. LED, I. (2009). *Inter LED*. Obtenido de <http://www.interledlight.com/es/ventajas-led/>.
15. Lema, A. (15 de enero de 2015). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/gjnacydpgum8/flujo-e-intensidad-luminosa/>.
16. Mora, A. (22 de marzo de 2013). *Energetica Futura*. Obtenido de Energetica Futura: <http://energeticafutura.com/blog/los-distintos-tipos-de-bombillas/>.
17. Mora, F. (26 de Octubre de 2013). *Prezi*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de <https://prezi.com/n1jyiqpg5ozc/luz-en-el-taller/>.
18. Pacheco, R. (26 de enero de 2010). *Iluminación Artificial*. Recuperado el 9 de diciembre de 2015, de <http://es.scribd.com/doc/25849879/Iluminacion-Artificial>.
19. Pérez, C. (26 de octubre de 2012). *Prezi*. Obtenido de https://prezi.com/dwoshuus3f_y/led-y-vumetro/.
20. Raul. (28 de Marzo de 2016). *Scrib*. Recuperado el 31 de Mayo de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/306185797/Leds>.
21. Riquetti, C. (6 de agosto de 2015). *Myslide*. Obtenido de <http://myslide.es/documents/eficiencia-energetica-55c38d926d133.html>.

22. Santamaria, P. (17 de octubre de 2012). *Xakata.SmartHome*. Obtenido de *Xakata.SmartHome*: <http://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/que-es-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>.
23. Trujillo, D. (20 de febrero de 2012). *Diodo*. Obtenido de <http://diodoledelectronicos.blogspot.com/2012/02/estructura-interna-de-un-led.html>.
24. Vásquez Guzmán, G. (2006). Tecnología de iluminación mediante LED's de potencia.
25. Vega, D. (20 de octubre de 200). *Ipnesia*. Obtenido de <http://ipnesiatecamachalco.foroactivo.com/t148-definiciones-lux-lumen-etc>.
26. Vega, D. (20 de octubre de 2000). *Ipnesia*. Obtenido de <http://ipnesiatecamachalco.foroactivo.com/t148-definiciones-lux-lumen-etc>