



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO  
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS  
DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**

**Erick Everaldo García Esquivel**

Asesorado por la Msc. Inga. Cástula Argelia García Meléndez

Guatemala, octubre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK EVERALDO GARCÍA ESQUIVEL**

ASESORADO POR LA MSC. INGA. CÁSTULA ARGELIA GARCÍA MELÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godinez Alquijay
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 15 de abril de 2020.

**Erick Everaldo García Esquivel**

Ref. EEPPI-506-2020  
Guatemala, 15 de abril de 2020

Director  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **diseño de investigación: DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Erick Everaldo García Esquivel** carné número **201212575**, quien optó por 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 Artes en Gestión Industrial.

Y 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 Décimo, 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"*

  
Mtra. **Castula Argelia García de Corado**  
Asesora


  
Mtro. **Carlos Humberto Aroche Sandoval**  
Coordinador de Gestión Industrial  
Plan fin de semana



**CASTULA ARGELIA GARCIA MELANDEZ DE CORADO**  
INGENIERA INDUSTRIAL  
COLEGIADO # 5211

  
Mtro. **Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





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 Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Erick Everaldo García Esquivel, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

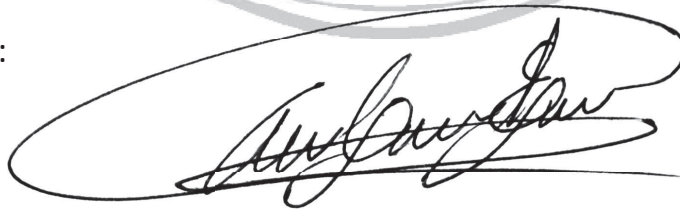
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, Abril de 2020

DTG. 274.2020.

La Decana 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: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO DE MODELO INTEGRAL PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO A TRAVÉS DEL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LAS MUNICIPALIDADES DE CUATRO DEPARTAMENTOS DEL SUROCCIDENTE DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Everaldo García Esquivel**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser una importante influencia en mi carrera y darme la salud para culminar una meta muy importante en mi vida.
- Mis padres** Marcelino García y Margarita Esquivel de García, por inspirarme cada día a ser mejor.
- Mis hermanos** Carmen, Dario y Daniela García, por brindarme su incondicional apoyo durante toda mi carrera.
- Mis amigos** Dania Diaz, Andrea García, Estefany Tejax y Erick Fuentes, por compartir conmigo las vivencias durante la carrera.
- Mi jefa** Marialina Trujillo, por ser mentora en mi carrera profesional y brindarme la confianza para abordar nuevos retos profesionales.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi casa de estudios y brindarme educación superior de calidad.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por las experiencias de aprendizaje y de vida que marcaron esta etapa.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por brindarme su apoyo y amistad durante la carrera universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción del problema .....	7
3.2. Delimitación del problema.....	9
3.3. Formulación del problema .....	9
3.3.1. Pregunta central .....	10
3.3.2. Preguntas auxiliares .....	10
3.4. Viabilidad de la investigación.....	10
3.5. Consecuencias de la investigación .....	10
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General .....	15
5.2. Específicos.....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMAS DE SOLUCIÓN .....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	21
7.1.	Proyectos.....	21
7.2.	Inversión y la necesidad de los proyectos .....	22
7.3.	Etapas de concepción del proyecto.....	22
7.4.	Génesis de las ideas .....	23
	7.4.1. Demanda insatisfecha.....	23
	7.4.2. Detección de oportunidades.....	23
7.5.	Planificación del proyecto .....	24
7.6.	Definición de objetivos.....	24
7.7.	Viabilidad y factibilidad .....	25
7.8.	Localización.....	26
7.9.	Dimensiones del proyecto .....	27
7.10.	La importancia de la tecnología en un proyecto .....	28
7.11.	Tipos de tecnología de lámparas de alumbrado público .....	28
	7.11.1. Lámparas de mercurio de alta presión .....	29
	7.11.2. Lámpara de sodio de baja presión .....	30
	7.11.3. Lámpara tipo led.....	31
7.12.	Estudio financiero .....	32
	7.12.1. Flujo de caja .....	32
	7.12.2. Los costos de un proyecto.....	34
7.13.	Evaluación de rentabilidad.....	34
	7.13.1. ¿Qué es el valor presente neto? .....	35
	7.13.2. ¿Qué es la tasa interna de retorno -TIR-?.....	35
7.14.	Método de periodo de recuperación .....	36
	7.14.1. Tratamiento del flujo de efectivo.....	36
7.15.	Riesgo e incertidumbre.....	37
7.16.	Análisis de sensibilidad .....	38
	7.16.1. Modelo de sensibilización del valor actual neto.....	39
	7.16.2. Ventajas y desventajas de la sensibilidad .....	39

7.17.	Marco legal de los proyectos .....	39
7.17.1.	La importancia del marco legal .....	40
7.17.2.	Marco legal para proyectos de eficiencia energética.....	41
7.17.3.	Políticas .....	41
7.17.4.	Regulación.....	42
7.17.5.	Efectos económicos del estudio legal.....	42
7.18.	Evaluación social y ambiental del proyecto .....	43
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	47
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
9.1.	Enfoque .....	51
9.2.	Diseño.....	51
9.3.	Tipo.....	51
9.4.	Alcance .....	52
9.5.	Variables e indicadores.....	52
9.6.	Fases de la investigación.....	54
9.6.1.	Resultados esperados .....	56
9.7.	Población y muestra .....	57
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	59
11.	CRONOGRAMA.....	61
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	63
13.	REFERENCIAS.....	65

14. APÉNDICES .....71

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución .....	19
2.	Lámpara de mercurio de alta presión.....	29
3.	Lámpara de sodio de baja presión .....	30
4.	Lámpara tipo led .....	32
5.	Cronograma del trabajo de investigación .....	61

### TABLAS

I.	Variables e indicadores .....	52
II.	Cálculo de la muestra.....	57
III.	Frecuencias.....	59
IV.	Recursos financieros y materiales .....	63



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
%	Porcentaje
Q	Quetzales





## GLOSARIO

<b>Concreción</b>	Proceso y el resultado de reducir un tema en lo más esencial.
<b>Contrastados</b>	Mostrar notable diferencia o condiciones opuestas, cuando se comparan dos cosas.
<b>Esbozado</b>	Indicar de manera general una idea, proyecto o concepto.
<b>Externalizada</b>	Proceso en el cual se delega una porción de una sucesión de un negocio o proyecto a una compañía externa.
<b>Fronterizos</b>	Proveniente de una zona territorial del tránsito social entre dos culturas o porciones de territorio.
<b>Led</b>	Es un tipo de tecnología que significa diodo luminoso, que es un material semiconductor que es capaz de emitir una radiación electromagnética en forma de luz.
<b>Mercurio</b>	Elemento químico de número atómico ochenta, es de temperatura ordinaria de color blanco plateado, brillante y denso.

**Pecuarios**

Actividad relacionada con la producción del ganado y forma un sector esencial dentro de las actividades agropecuarias.

**Reinvertido**

Emplear los beneficios de una actividad productiva.

**Sociocultural**

Se utiliza el término para hacer referencia a cualquier proceso o fenómeno relacionado con los aspectos sociales y culturales de una comunidad o sociedad.

## RESUMEN

El diseño de modelo integral de proyectos de eficiencia energética en los parques de alumbrado público a través del uso de nueva tecnología en las municipalidades de cuatro departamentos de suroccidente de Guatemala, son muy importantes plantearlos y poderlos ejecutar para poder obtener esos beneficios sociales, económicos y ambientales que se buscan ya que son áreas altamente conflictivas y que por generaciones cuentan con un servicio de alumbrado público deficiente y no es autosostenible.

El análisis de los parques actuales es la clave para determinar la inversión que cada uno representa, ya que se utilizará para determinar la prioridad de cada uno y definir el costo beneficio de su ejecución.

Otra de las cosas importantes de los proyectos no solo es la reducción de consumo mensual de las luminarias, sino que la municipalidad brinde un servicio de alumbrado público de calidad y eficiente a los pobladores de su municipio. Adicional los proyectos consisten en la reducción de las tasas de alumbrado público que se cobran para apoyar con la economía de los pobladores.

Con el uso de las nuevas tecnologías también se logrará la reducción de los gases de efecto invernadero ya que se descartará el uso de lámparas de mercurio por tipo led que son amigables con el ambiente.



# 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente diseño de investigación consiste en una sistematización de diseño de modelos integrales para desarrollar proyectos de eficiencia energética en los parques de alumbrado público de las municipalidades de los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu y Suchitepéquez que se encuentran en el suroccidente del país. Estos al transcurrir de los años han incrementado los parques de alumbrado público utilizando tecnologías ineficientes que aumentan exponencialmente el consumo de energía. Las municipalidades y las empresas distribuidoras de energía están luchando para lograr que el servicio de alumbrado público sea autosostenible y de beneficio para las comunidades.

El problema que tiene la distribuidora de energía eléctrica es que en el suroccidente del país por el aumento de la conflictividad de agrupaciones que se apoderan de las redes de distribución de electricidad y los bajos porcentajes de cobrabilidad tanto de los pobladores y las municipalidades de la región, provocó un endeudamiento y malestar de los pobladores por las altas tasas municipales para cubrir el servicio. Adicionalmente el 90 % de la tecnología que se utiliza en estos departamentos es ineficiente por lo que aumenta el consumo y tiene altos agentes contaminantes.

La importancia del trabajo de investigación se alinea en plantear una solución para las comunidades, la municipalidad y la distribuidora de energía, con el fin de colaborar con el crecimiento y desarrollo del país. Como resultado se obtendrá la disminución de la deuda municipal por concepto de alumbrado público, tasas municipales más justas y tecnologías amigables con el ambiente.

El trabajo de investigación tendrá un análisis mixto, no experimental retrospectivo, con un alcance descriptivo para plantear una solución de diseño no experimental.

El esquema de la solución estará conformado por cuatro fases: iniciando con la primera fase, que será la revisión documental de los conceptos base para conocer la procedencia y determinar la raíz del problema. En la segunda fase, mediante la recolección de datos se realizará un diagnóstico de cada uno de los municipios y establecer el orden de los municipios y sus características. La tercera fase, estará compuesta por el diseño de proyecto para las municipalidades y análisis económicos necesarios para el desarrollo de los proyectos: y para finalizar, la cuarta fase, consta de la presentación final de la propuesta de diseño del modelo integral para los proyectos de eficiencia energética a través del uso de nuevas tecnologías.

El informe final de investigación estará compuesto por cuatro capítulos: el primer capítulo, del trabajo de investigación lo conforma el marco teórico, donde se analizará la teoría que tiene relación con la realización de proyectos de eficiencia energética de parque de alumbrado público. El segundo capítulo, corresponde al desarrollo de la investigación para analizar la situación actual de los parques de alumbrado público. El tercer capítulo, será la presentación de resultados, donde se realizará una propuesta de proyectos de eficiencia energética y como se van a adaptar a las características de cada uno de los cuatro municipios del departamento del suroccidente del país. En el cuarto capítulo, se discutirán los resultados para verificar el impacto que tendrá el desarrollo de la investigación para las comunidades, la municipalidad y la empresa distribuidora.

## 2. ANTECEDENTES

En los antecedentes relacionados con el tema de investigación referente al diseño de un modelo integral para proyectos de eficiencia energética son los siguientes:

CNEE (2014) en un foro de la Gerencia de Proyectos Estratégicos de la comisión de alumbrado público presentaron datos de cómo funciona el servicio de alumbrado público en Guatemala y la regulación que se utiliza. Ellos mencionaron que el país aproximadamente cuenta con cuatrocientos cuarenta mil lámparas de alumbrado público y que el 68.6% de las lámparas la conforman de valor de mercurio, 15.6 lo compone el vapor de sodio y el resto de otras tecnologías.

Con la información se podrá analizar en términos globales la tecnología que predomina en el país y cómo se puede abordar el tema del uso de nuevas tecnologías, adicionalmente se estableció la regulación para que en Guatemala en un periodo de cinco años se prohíba el uso de lámparas de mercurio y poner barreras ambientales a la importación de este tipo de tecnología y que al año del presente informe no han surtido efecto.

Para el cálculo de la factura de alumbrado público la CNEE (2014) en la Resolución 62 y 63 Comisión Nacional de Energía Eléctrica establece el modelo de cálculo de la factura, basados en la potencia de las lámparas, las horas consumidas en 30 días según calendario. De tal modo, mensualmente la distribuidora de electricidad entrega a la municipalidad la factura de consumo de alumbrado público del mes anterior a la emisión de la factura, la cual debería ser



cancelada con el dinero proveniente de la tasa facturada de los usuarios mensualmente.

Asimismo, el PNUD (2020) en su *Informe Nacional de Desarrollo Humano en Guatemala* menciona que, en el periodo del conflicto armado interno, convergieron en Guatemala diversos factores que potenciaron conflictos ya existentes, y que se escapan a cualquier reduccionismo bipolar. Resultado de una larga historia de conflictos económicos, territoriales e interétnicos reforzados por el contexto de Guatemala fría. De ese modo surgieron agrupaciones en áreas geográficas en las cuales los conflictos se observan con cotidianidad, con evidencia de posiciones encontradas en la desconfianza y amenaza externa, esto ocurre por estar inconformes al cobro de las tasas de alumbrado público mayormente concentradas en el suroccidente del país, que su principal función es el hurto del fluido eléctrico.

Esta información se utilizará para entender la conflictividad de las regiones de Guatemala y plantear las alternativas para solucionar los problemas sociales con los que cuentan, desde el ámbito del mejoramiento de los cobros por las tasas municipales, específicamente en la del alumbrado público ya que representa un buen porcentaje de la factura mensual que emite la empresa distribuidora en el cobro por cuenta ajena de esta tasa.

Por ende, esto afecta el recaudo de la tasa por alumbrado público, dando paso a que se origine la deuda municipal por concepto de alumbrado público, que al pasar los años y las transiciones de las corporaciones municipales no logran cancelar la deuda por las altas facturas y la conflictividad social. Otro factor que afecta que la factura se incremente es que los políticos dentro de sus programas de propaganda donan lámparas e incrementan el parque deliberadamente y sin el control municipal.

El manual que se realizó para “La evaluación de proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Alumbrado Público”, este está dirigido a instituciones financieras (CAF, Banco de desarrollo de América Latina), este tiene como misión el impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores públicos y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados.

Este manual está destinado para las financieras para brindar nuevas opciones a las municipalidades desde: los aspectos integrales, analizar la información relevante relacionada al consumo de energía eléctrica, el potencial que existe en Centroamérica para realizar los proyectos para obtener beneficios económicos y ambientales para los procesos y operaciones del sector. Analizando ocho factores para llevar al éxito y que estos puedan cumplir para cubrir las necesidades por el cual se realizan.

El manual presentado por el CAF, servirá para establecer las condiciones para realizar la investigación de proyectos integrales para solucionar los diferentes problemas que hay en estos municipios y poder aportar con una disminución de la conflictividad en el país. Este manual considera que para la extensión de los proyectos en el servicio de alumbrado público es necesario tener en cuenta la eficiencia de los sistemas actuales y las normas que son aplicables de acuerdo con cada país.

La Sener (2016) emitió un proyecto nacional de electrificación de eficiencia energética en alumbrado público mensual. Ya que participaron con más de 950 municipios, de 29 Estados de México para brindar apoyo técnico, brindó recomendaciones y capacitaciones presenciales. Este informe presentó que, para el cierre de octubre 2016, se registraron 33 proyectos municipales en proceso de la sustitución de luminarias por tecnologías con mayor eficiencia

energética, los cuales ha requerido invertir cerca de 1,017 millones de pesos. Con estos proyectos se sustituyeron 180,015 luminarias por tecnologías eficientes y beneficiaron a más de 5.1 millones de habitantes.

Según, el informe de la Sener (2016) estos proyectos buscan facilitar la elaboración y evaluación de los proyectos bajo los siguientes aspectos: presentación de propuestas de sustitución con sistemas de iluminación eficiente, tomando como base el censo actual de alumbrado público del municipio, evaluación de proyectos determinando el número de propuestas tecnológicas, antes del fin de la vida útil de los apartados que componen el proyecto, y por último, la integración de la participación para el proyecto nacional.

La información de este proyecto servirá para la adaptación y fijación de los mismos objetivos, incluyendo en ellos los impactos ambientales cuando se utilizan nuevas tecnológicas, básicamente para desarrollar las estrategias técnicas y la coordinación para brindar la atención a varios municipios.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Guatemala, en el suroccidente del país se concentra el mayor porcentaje de parques de alumbrado público con altos consumos de energía, que hacen que tengan altos consumos en las facturaciones y el recaudo por concepto de alumbrado público que obtienen las municipalidades no alcanza para cubrir la factura.

#### **3.1. Descripción del problema**

En el suroccidente de Guatemala la empresa distribuidora de electricidad presta el servicio de fluido eléctrico de las luminarias de alumbrado público que fueron instaladas por las municipalidades en la circunscripción del municipio, el cual es un servicio básico que debe ser brindado por las municipalidades, ya que está establecido en el artículo 72 del código municipal. Este servicio se presta a través de un contrato entre la distribuidora de electricidad y las municipalidades para establecer los procedimientos de facturación de la energía consumida mensualmente por las lámparas del municipio y que dicho consumo es calculado por el tipo de tecnología instalada la cual varía según la potencia de cada lámpara.

Dentro del contrato se establece y define el cálculo de la energía consumida, previamente autorizado por el ente regulador que es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), que fija las tarifas para el cobro de alumbrado público segmentado por regiones del país. De este modo la distribuidora mensualmente emite una factura la cual debe ser cancelada treinta

días posteriores a la emisión de esta, generándose un compromiso por parte de la municipalidad para realizar el pago.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 107 del Código Municipal de la Contraloría General de Cuentas de Guatemala (2002), con respecto a la autonomía, ellos para cancelar la factura pueden cobrar tasas para cubrir los servicios básicos, las cuales deben ser justas y equitativas, que servirán para la expansión y mejora de los servicios. Ya con la forma de pago establecido las municipalidades firman otro documento con la distribuidora, que es un convenio de facturación y cobro por cuenta ajena de la tasa por alumbrado público, donde la municipalidad autoriza a la distribuidora poder incluir dentro de las facturas mensuales de los usuarios del municipio, la tasa por alumbrado público autorizada por la municipalidad, en un punto de acuerdo de acta firmado por el alcalde y previamente consultado y aprobado por el concejo municipal. Con el cobro de la tasa por alumbrado público la distribuidora emite un cheque por el total recaudado mensualmente y el cual debe utilizar la municipalidad para pagar la factura de consumo de energía consumida por las lámparas del municipio.

Lo que sucede en la actualidad es que las municipalidades cuentan con parques de luminarias muy antiguos con potencias arriba de los 100kWh, de materiales altamente contaminantes como el vapor de mercurio, fluorescentes, vapor de sodio y halógenas. Este tipo de tecnología hace que se incremente el consumo mensual y por ende la factura mensual que llega a la municipalidad; adicional a recaudar lo de la factura mensual tienen que considerar otros gastos como el mantenimiento, la contratación de electricistas y provisión para la expansión del alumbrado público.

Entonces las municipalidades se ven en la problemática de tener parques ineficientes con altos consumos y el código municipal establece tasas justas,

entonces se ven orillados a cobrar tasas por alumbrado público injustas. Esto provoca que lo recaudado mensualmente no alcance para cubrir con la factura, generándose la deuda que actualmente las municipalidades cuentan con la empresa distribuidora.

Por concepto de la deuda la distribuidora está amparada según el Reglamento de la Ley General de Electricidad, en su artículo 50, para realizar cortes de alumbrado público en el municipio por falta de pago de la municipalidad cuando esta haya incumplido con el pago de más de dos facturas, ocasionando malestar en la comunidad que incrementa la conflictividad en el municipio, agregando un tercer factor al problema y que en Guatemala en los últimos años ha incrementado el porcentaje de conflictividad por el hurto de fluido eléctrico y crean un ambiente inseguro para los vecinos del municipio.

### **3.2. Delimitación del problema**

La investigación se efectuará en nueve meses a partir de la aprobación del protocolo, se realizará en una empresa que se dedicada a la distribución de energía eléctrica en el occidente del país, en la unidad de administración pública, ubicada en la ciudad capital de Guatemala.

### **3.3. Formulación del problema**

Parques de alumbrado público con altos consumos de energía eléctrica, con tecnología ineficiente de las municipalidades del suroccidente del país.

### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo diseñar un modelo integral para proyectos de eficiencia energética en parques de alumbrado público a través del uso de nuevas tecnologías de las municipalidades del suroccidente de Guatemala?

### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Qué porcentaje de lámparas son ineficientes y los costos que incurren las municipalidades del suroccidente del país por brindar el servicio de alumbrado público?
- ¿Cuál es la cantidad adecuada de lámparas a cambiar para lograr que las municipalidades puedan cancelar la factura mensual?
- ¿Cuáles son los beneficios integrales por las que se deben realizar los proyectos de eficiencia energética?

### **3.4. Viabilidad de la investigación**

La problemática que actualmente cuenta la administración de las empresas con el endeudamiento de las municipalidades de las regiones conflictivas del país, con la investigación lo que se plantea es presentar la solución integral que involucre adicional de la empresa, a las municipalidades y pobladores.

### **3.5. Consecuencias de la investigación**

Al realizar la investigación se le brindará a la distribuidora un diseño de proyectos de eficiencia energética en las municipalidades que se endeudan

mensualmente por concepto de energía eléctrica para alumbrado pública y que dentro del diseño se considera la mitigación de la conflictividad social del suroccidente y la distribuidora recupera deuda que ya era considerada con incobrable. Sin embargo, de no detallar dentro de la investigación las variables que se tiene que analizar para abordar el problema, ocasionarán que los proyectos de eficiencia energética pierdan el enfoque integral, incrementando la deuda municipal y la conflictividad.





## 4. JUSTIFICACIÓN

Con base en la línea de investigación de preparación y evaluación de proyectos dentro de la Maestría en Gestión industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que proporciona conocimientos para enfrentar la necesidad de diseñar proyectos integrales de eficiencia energética y desarrollar la labor profesional en las municipalidades del suroccidente de Guatemala.

La importancia es la de contribuir con el desarrollo del país a través del diseño de proyectos de eficiencia energética y de esta manera ofrecer a las municipalidades soluciones viables para solventar las deudas millonarias generadas históricamente y también se incursione el uso de nuevas tecnologías en el alumbrado público con la misma calidad de iluminación de las lámparas que se usan comúnmente en el mercado.

La implementación de los proyectos de eficiencia energética en los municipios de suroccidente del país contará con los siguientes beneficios:

- Disminución del consumo de energía eléctrica a través de remplazo de tecnología obsoleta y altamente contaminante, por nuevas tecnologías de ahorro de consumo y amigables con el ambiente.
- Disminución de la conflictividad a través del análisis de tasas de alumbrado público para que sean justas y equitativas.
- Recuperación de deuda por concepto de alumbrado público de la empresa distribuidora de electricidad, que por años no ha logrado recuperar.

Las condiciones de las municipalidades mejorarán a corto y mediano plazo con la correcta ejecución de los proyectos y con una debida promoción de los servicios que actualmente ofrecen. Estarán más comprometidas con el mejoramiento, expansión y mejora del servicio. La empresa distribuidora de energía eléctrica es uno de los principales promotores de la realización ya que se recuperará la deuda de las municipalidades, se podría trabajar conjuntamente para buscar alianzas con empresas sin fines de lucro para donaciones u obtención de fondos para realizar los proyectos y que los mismos no salgan de los fondos de las comunas municipales que son muy difíciles que sean aprobados por el gobierno central.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un modelo integral de proyectos de eficiencia energética en parques de alumbrado público a través del uso de nuevas tecnologías en las municipalidades del suroccidente de Guatemala.

### **5.2. Específicos**

- Determinar el porcentaje de lámparas ineficientes y los costos en que incurren las municipalidades del suroccidente del país por brindar el servicio de alumbrado público.
- Analizar la cantidad óptima de cambio de lámparas a tecnologías que reduzcan el consumo para que las municipalidades logren pagar su factura mensual.
- Establecer los beneficios integrales que se obtendrán de realizar los proyectos de eficiencia energética.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMAS DE SOLUCIÓN**

La principal necesidad será cubrir en el aspecto laboral con el estudio de investigación en colaboración sinérgica entre los pobladores, municipalidades y distribuidora, para que puedan cancelar la deuda que actualmente cuentan a través del diseño de proyectos de eficiencia energética y con el uso de nuevas tecnologías que reducen el consumo energético de las luminarias del municipio.

El esquema de solución que se utilizará constará de la búsqueda de información clara, relacionada con los parques de alumbrado público que se concentran en el suroccidente del país, esto con base en el análisis del sitio, estados de cuenta públicos, e inventarios de alumbrado público del último semestre, siempre tomando en cuenta los antecedentes sociales y las necesidades de las municipalidades. En la segunda fase se realizará el diagnóstico del estado de cuenta de las municipalidades, estado de los inventarios de los parques de alumbrado público. La metodología que se utilizará para alcanzar el objetivo central y los específicos se concentrará en el diseño de proyectos de las etapas que se establezcan puedan dar solución al problema por el cual se está realizando el estudio de investigación.

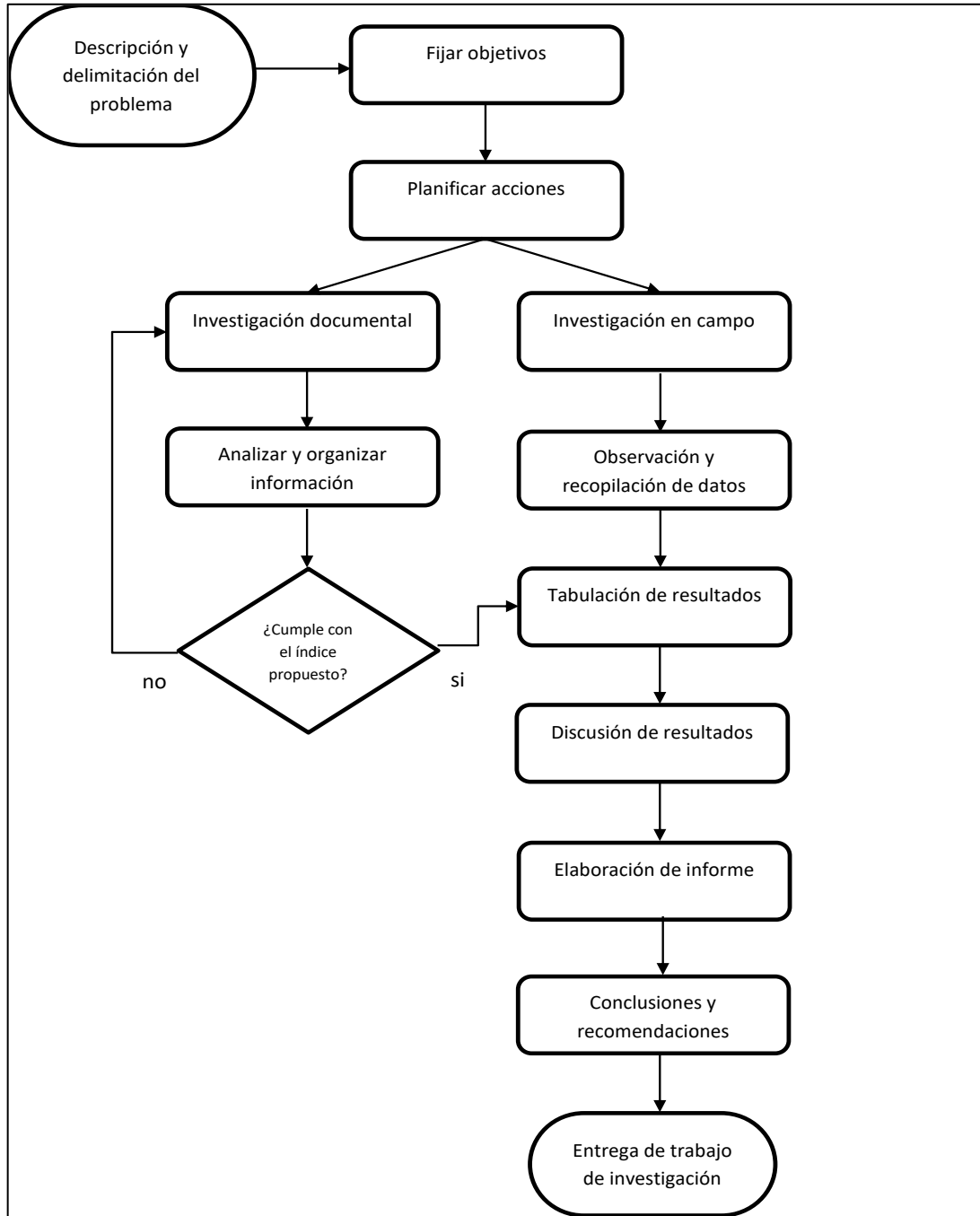
En la tercera fase se realizará el análisis económico-financiero de cada una de las principales municipalidades para determinar cuáles están aptas con los ingresos que actualmente perciben para determinar la factibilidad de los proyectos desde la perspectiva financiera y el periodo de recuperación de la inversión.

En la última fase final se realizará el diseño de modelo integral de proyectos de eficiencia energética en parque de alumbrado público utilizando nuevas tecnologías en las municipalidades del suroccidente del país de Guatemala.

La principal necesidad para realizar esta investigación se debe a que es un problema general en Guatemala y que con este tipo de proyectos donde se utilizan nuevas tecnologías con costos accesibles en los mercados locales traerán beneficios para el desarrollo del país.

La realización de la investigación cuenta con validez técnica ya que las municipalidades ofrecerán a su municipio mejor iluminación y a bajo costo para los pobladores, adicional la distribuidora se verá beneficiada con la recuperación de la deuda que por años no había podido recuperar.

Figura 1. Esquema de solución



Fuente: elaboración propia.





## **7. MARCO TEÓRICO**

La investigación se realizará en una distribuidora de electricidad de energía eléctrica, en la unidad de administración pública, en el área de municipalidades.

### **7.1. Proyectos**

Baca (2016) menciona que un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana. En este sentido puede haber diferentes ideas, inversiones de montos distintos, tecnologías y metodologías con diverso enfoque, pero todas ellas destinadas a satisfacer las necesidades del ser humano las facetas de: educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etcétera. (p. 2)

“También dentro de la subdivisión de los proyectos están los de inversión que al asignarse un determinado monto de capital y se le proporciona diversos insumos, producirá un bien o un servicio que será de beneficio para las comunidades” (Baca, 2016, p. 2).

Otro concepto utilizado por los expertos es que los proyectos surgen del nacimiento de una idea para suplir las necesidades de algo o alguien, se puede considerar como el aprovechamiento de las oportunidades de nuevos negocios y para obtener nuevos conocimientos sobre diferentes temas si estos están bien enfocados.

## **7.2. Inversión y la necesidad de los proyectos**

Baca (2016) menciona en su libro que “Día a día y en cualquier sitio donde nos encontremos, siempre hay a la mano una serie de productos o servicios proporcionados por el hombre” (p. 3).

“Todos y cada uno de los productos y servicios que contamos estuvieron previamente estudiados con el fin de satisfacer las necesidades del ser humano, luego de eso se toma la decisión de ofrecerlos en masa con una inversión previa” (Baca, 2016, p. 3).

Por lo que siempre que exista la necesidad humana habrá la necesidad de invertir en más de algún producto o servicio. Tomando en cuenta que una inversión no puede estar enfocada a solo ganar dinero, sino que debe ser un plan bien construido, para que luego se pueda realizar el análisis que de los parámetros a seguir a seguir y que surja la necesidad de la ejecución del proyecto.

## **7.3. Etapas de concepción del proyecto**

Con el nacimiento de una idea se realiza una serie de pasos para pasar a la acción y luego a la concreción de los proyectos, en la primera etapa, es el nacer de una idea a partir de ella, se alterna pensamiento y acción para llegar a la posibilidad de su concreción o concepción.

Adicionalmente, es muy importante que en los proyectos se puedan definir los objetivos, de ese modo establecer los recursos que serán necesarios para el desarrollo del proyecto. Previo a la fijación de los objetivos se debe de tener una preparación de los recursos que serán de gran trascendencia para el éxito del

proyecto, en sus primeras etapas que juntamente con la adecuada planificación se cumplen con los objetivos. Muchas personas tienden a dejar por un lado o no brindarle la importancia que se debe a esta etapa con tal de obtener resultados más rápidos.

#### **7.4. Génesis de las ideas**

A continuación, el análisis de las necesidades para concretar las ideas.

##### **7.4.1. Demanda insatisfecha**

Es el campo objetivo o número de personas donde el servicio no ha sido ofrecido y por lo tanto hay mayor cantidad demandada que la que actualmente se está ofertando.

##### **7.4.2. Detección de oportunidades**

Según, Ajenjo (2005) establece que la fase de detección de oportunidades es probablemente, la más comercial de todo el proyecto, consiste en detectar un hipotético futuro contrato investigando las posibilidades a partir de anuncios, aprovechando la relación forma o incluso conociendo la necesidad del cliente.

Para Ajenjo (2005) menciona que:

Durante la actividad comercial de búsqueda de oportunidades y preparación de la oferta debe ser un proceso constante y recurrente en toda empresa, más si la empresa se dedica a dar consultorías de ingeniería. Algunos grupos de trabajo, en especial los de pequeño tamaño, irrumpen las

actividades comerciales durante la ejecución de los proyectos que le son adjudicados. (p. 38)

## **7.5. Planificación del proyecto**

Representa un hito importante del presente y el futuro del proyecto. El futuro de todo proyecto es incierto debido a la cantidad de variables que están siendo intervenidas y que en el futuro no puedan ser controladas, sino que fundamentalmente está relacionado con la forma en que adopten los planificadores y que puedan manejar las variables creadas.

En estos tiempos y según lo que se necesite de un proyecto se suelen de realizar planificaciones ágiles. Es decir, la correcta planificación de proyectos con las técnicas correctas permite que sean ejecutadas con flexibilidad. Dichos proyectos no se planifican para más de una semana, sino que se planifican en función de los requerimientos versátiles de los clientes y en las necesidades que surjan.

## **7.6. Definición de objetivos**

Los objetivos se establecen para marcar la dirección a seguir, en base a ellos es que se desarrolla todo el proyecto. Con los objetivos podemos planificar las actividades a desarrollar. La definición de objetivos es uno de los pasos más complejo. Para plasmar cada una de las metas a alcanzar debemos de conocer varios criterios básicos y muy importantes para una adecuada fijación de los objetivos.

Según, la OBS *Business School* (2020) define Los factores que se deben de tomar en cuenta al momento de definir y establecer los objetivos de un proyecto:

- **Realistas y realizables:** es esencial a la hora de seleccionar los objetivos que sean realistas, nada imposible de conseguir. Para ello, se debe tener presente si se cuenta con los recursos y conocimientos necesarios para llevarlo a cabo. Cuando se proponen objetivos imposibles de alcanzar, el éxito del proyecto se ve comprometido debido a que estos se fijan con el fin de que se puedan cumplir.
- **Medibles en el tiempo:** todo objetivo que se quiera establecer debe tener un rango de cuantificación para saber qué grado se está alcanzando. Descartar los objetivos que no se puedan medir ya que al momento de evaluarlos será muy complicado.
- **Fijación del tiempo:** debe de haber una fijación inicial y proyectar el fin de este, considerando los posibles cambios importantes durante la ejecución.

### **7.7. Viabilidad y factibilidad**

La viabilidad es un concepto que toma relevancia especialmente cuando se lleva a cabo un proyecto, porque se refiere a la probabilidad de realizar lo que se está planeando realizar en cuanto a un proyecto. Consiste en llevar aquello que se pretende o planea al hecho. Ajenjo (2005) menciona que no sólo se trata del coste laboral y material de asignar recursos al preparar una propuesta, también hay que tomar en cuenta el coste de oportunidad de las personas y los medios.

Miranda (2005) menciona que:

La factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa antes de la operativa o de la formulación dentro del ciclo del proyecto. Se formula con base en la información que tiene la menor incertidumbre posible para medir las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, apoyándose en él se tomarán las decisiones de proceder o no con la ejecución del proyecto. (p. 36)

Además, aclara que Miranda (2005) “El estudio de factibilidad determina qué tan viable será el proyecto o bien realizar los ajustes necesarios para la factibilidad” (p. 36). El estudio consume aproximadamente entre un 5 % y un 10 % del costo estimado total del proyecto, y el período de elaboración de este varía dependiendo desde este tipo de sistema a desarrollar.

## **7.8. Localización**

Es muy importante al momento de analizar los aspectos a considerar dentro del proyecto, las consecuencias económicas que cada alternativa de solución hace que este factor sea analizado con profundidad en la formulación del proyecto.

Para, Córdova (2002) “El entorno es el primer aspecto para tener en cuenta en la formulación de un proyecto, consiste en determinar clara y concretamente, la ciudad, región, país para el cual será formulado”. (p. 15)

Dentro de los aspectos a considerar para analizar el entorno son los siguientes:

- Geográficos: las indicaciones de límites y extensiones de las áreas que comprende, como los accidentes naturales, la hidrografía y el clima que predomina en la zona.
- Demográficos: analiza lo relativo al elemento humano como la población, la cultura y la educación en los diferentes niveles.
- Políticos: comprende los factores territoriales y administrativos del entorno, como la historia y división política que establezca las unidades territoriales que conforman el ente, el plan de desarrollo esbozado de los lineamientos y aspectos generales de este instrumento de planificación vigente.

### **7.9. Dimensiones del proyecto**

Ajenjo (2005) menciona que, a la hora de abordar un proyecto, no hay que olvidar que en el mismo se involucran aspectos de diferente índole, que surgen de la convergencia de los objetivos, de los recursos disponibles, restricciones y del entorno donde se lleve a cabo. A continuación, se describen algunos aspectos:

- Dimensión técnica de los proyectos: es la que hace referencia a la adecuación del resultado de este a los objetivos del destinatario, vigilando que se cumplan los requisitos o, dicho de otra forma, que pueda satisfacer las necesidades por las que se realiza el proyecto.
- Dimensión económica: todo proyecto involucra el aspecto económico para la ejecución de este, que permite que el resultado del proyecto sea razonable y que los recursos utilizados no superen el presupuesto establecido.



- Dimensión comercial: para la empresa o equipo de trabajo que lo desarrolla, que les proporciona una imagen frente a sus potenciales clientes y facilita la reutilización para otros proyectos de la experiencia obtenida en el actual.
- Dimensión estratégica: con la ejecución de los proyectos además de la perspectiva económica se pueden obtener experiencia en el uso de nuevas tecnologías y eso pueda ser replicado en mejores condiciones y en un menor tiempo.

#### **7.10. La importancia de la tecnología en un proyecto**

Cuando el desarrollo de un proyecto se está pensando en la incursión de nuevas tecnologías que no se encuentran en el país, es importante considerar los factores importantes para lograr el éxito, debido a los proveedores, precio por traer los productos y considerar la opción de que una empresa local pueda maquilar los productos, dentro de la tecnología no está solo enfocada a la tecnología utilizada para el desarrollo del proyecto, sino que es el factor base del proyecto.

Es importante acomodar las necesidades y los requerimientos de los protagonistas del proyecto, la tecnología puede influir positivamente en la ejecución de los proyectos debido a que puede ser más eficiente el desarrollo de las actividades.

#### **7.11. Tipos de tecnología de lámparas de alumbrado público**

En su informe, Energía, O. L. (2018) mencionan que, aunque el consumo de energía eléctrica de los sistemas de alumbrado público es de alrededor

del 3 % del total de energía consumida total de un país, se constituye en una carga importante en el consumo de energía eléctrica a cargo de los municipios. Bajo este contexto el cambio de los sistemas de alumbrado público eficientes representa para las ciudades una fuente importante de ahorro en el consumo de energía eléctrica y a la vez que contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, al realizarse el cambio a tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente. (p. 4)

### 7.11.1. Lámparas de mercurio de alta presión

Estas son las tecnologías más utilizadas en sistemas de alumbrado público, sin embargo, en los últimos años han comenzado a ser remplazadas por tecnologías de mayor eficiencia, por lo que cada vez es más difícil verlas en las calles. Este tipo de tecnologías cuenta con una vida útil de 12 mil a 16 mil horas. (Energía, O. L., 2018, p. 22)

Figura 2. Lámpara de mercurio de alta presión



Fuente: Energía, O. L. (2018). *Olade*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0411.pdf>

### 7.11.2. Lámpara de sodio de baja presión

Energía, O. L. (2018) menciona que:

Las tecnologías de sodio de baja presión, la luz nace al convertir la radiación ultravioleta producida por la descarga de sodio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna. Estas lámparas producen una luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cercanas al amarillo. La reproducción de color es la más baja de todos los tipos de lámparas de descarga, sin embargo, es la lámpara de mayor eficacia luminosa y larga vida alcanzando una duración de 22 mil horas de funcionamiento esto se debe al bajo índice de fallas. (p. 25)

Figura 3. Lámpara de sodio de baja presión



Fuente: Energía, O. L. (2018). *Olade*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0411.pdf>

### 7.11.3. Lámpara tipo led

Energía, O. L. (2018) menciona que “Son las estructuras totalmente distintas a los sistemas de iluminación tradicional y está basada en tecnologías de la electrónica del estado sólido. Su nombre corresponde a la sigla de las palabras en inglés *Light Emitting Diode* (Diodo emisor de luz)” (p. 43).

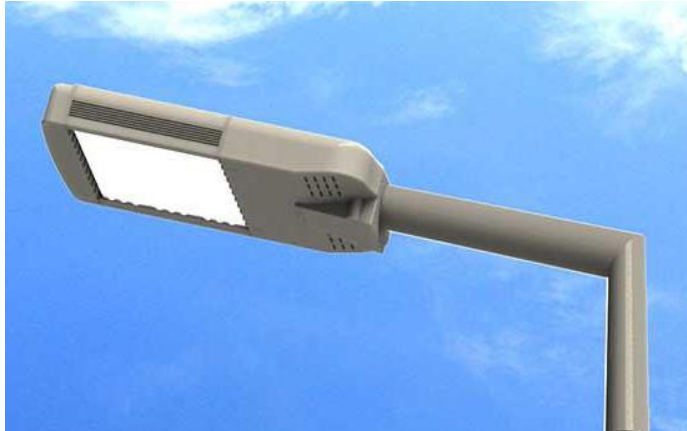
Los diodos que emiten luz están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. Un led está formado por varias capas de material semiconductor.

Energía, O. L. (2018) explica el funcionamiento de los diodos en las lámparas led por lo que:

Dos materiales semiconductores forman un diodo al estar en contacto entre sí. El diodo es un dispositivo que permite que la corriente fluya solo en una dirección. Cuando la electricidad se transfiere a través del diodo, los átomos del material se agitan a un nivel de energía superior. Los átomos en el primer material encierran mucha más energía que necesita liberar, cuando los átomos traspasan los electrones al otro material se libera esta energía, durante esta liberación de energía se crea luz. (p. 43)

La gran mayoría de luminarias para alumbrado público con tecnología led son diseñados de manera integrada, es decir, se considera el equipamiento interno de la luminaria como un solo, a diferencia de las luminarias en base a lámparas descarga donde cada elemento es posible desmontarlo y reemplazarlo independiente de los otros componentes.

Figura 4. **Lámpara tipo led**



Fuente: Energía, O. L. (2018). *Olade*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0411.pdf>

La vida proyectada de lámparas led está relacionada con la depreciación de lúmenes, un concepto común en las tecnologías convencionales, dependiendo de las condiciones la vida promedio es de 50 mil horas de funcionamiento.

## **7.12. Estudio financiero**

A continuación, se describe las partes de un estudio financiero, esto con el fin de dejar más claro la importancia del mismo.

### **7.12.1. Flujo de caja**

La proyección del flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, ya que la evaluación de este se efectuará sobre los resultados que en ella se determine. La información

básica para realizar esta proyección está contenida en los estudios de mercado, técnicos y organizacional.

N. Chain y R. Chain (2008) más adelante menciona que los egresos iniciales de fondos, corresponde al total de la inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto. El capital de trabajo, si bien no implicará siempre un desembolso en su totalidad antes de iniciar la operación, se considera también como un egreso en el momento del inicio, ya que deberá quedar disponible para que el administrador del proyecto pueda utilizarlo en su gestión.

Los ingresos y egresos de operación constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja, es usual encontrar estudios de proyectos cálculos de entradas y salidas con base a flujos contables, los cuales por su carácter de caudados y devengados, no necesariamente ocurren simultáneamente con los flujos reales.

El tiempo en que se realizan los ingresos y los egresos, conforman las técnicas de evaluación matemática de los criterios de VAN, tasa interna retorno y los factores de inflación que el análisis presente.

El valor de salvamento es el análisis más relevante que corresponde hacer al proyectar el flujo de caja de aquél. Esto se debe a que el proyecto se evalúa en función del flujo de caja que se espera recibir como respuesta a un desembolso inicial en un lapso que puede ser distinto de la vida real del proyecto.

El valor de salvamento diferenciará entre el periodo de evaluación y vida útil de este, que normalmente el periodo de evaluación es menor que el de la vida útil el cual debe ser asignado dentro de ingreso por concepto de venta. (pp. 15-19)

### **7.12.2. Los costos de un proyecto**

Como afirma, N. Chain y R. Chain (2008) “Los costos que componen el flujo de caja se derivan de los estudios de mercado, técnico y organizacional, cada uno de ellos definen los recursos básicos necesarios para que la operación sea óptima en cada área y los costos que en que se incurren”. (p. 8)

Además, hay que mencionar que los costos de los proyectos los egresos no han sido determinados por otros estudios y que deben considerarse en la composición del flujo de caja, sea directa o indirectamente, con los impuestos y los gastos financieros. El cálculo de los impuestos, a su vez requerirá de la cuantificación de la depreciación, la cual, sin ser un egreso efectivo de fondos, condicionan el monto de los tributos a pagar. (N. Chain y R. Chain 2008, p. 9)

### **7.13. Evaluación de rentabilidad**

De acuerdo con, N. Chain y R. Chain (2008) Un proyecto será rentable si la capitalización, a la tasa de interés pertinente para la empresa, de su flujo de caja es mayor que cero al término de su vida útil. De esta forma, una decisión considera los principales factores condicionantes de la rentabilidad de las inversiones: la cuantía de los flujos de caja, el valor del dinero en el tiempo y la oportunidad de los movimientos de esos valores. (p.22)

### **7.13.1. ¿Qué es el valor presente neto?**

Para, N. Chain y R. Chain (2008) menciona que el valor actual neto es el método más conocido, mejor y más aceptado por evaluadores de proyectos. Mide el excedente resultante que queda luego de encontrar la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar la inversión total. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectado a partir del primer periodo de operación y le resta la inversión total expresada en el tiempo inicial. (p. 115)

Mete (2014), sostiene la teoría que el valor actual neto se puede interpretar de tres formas y Cuando el resultado es mayor que cero, mostrará cuanto se gana con el proyecto después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión. (p. 3)

Brealey (1999) recalca que “Cuando el valor actual neto es negativo el proyecto puede tener alta rentabilidad, pero será inferior a la exigida, en algunos casos el valor actual neto puede incluso indicar que además de que no se obtiene rentabilidad, parte o toda la inversión no se recupera” (p. 158).

### **7.13.2. ¿Qué es la tasa interna de retorno (TIR)?**

En su artículo científico titulado *Criterios para la toma de decisión de inversiones*, Salinas (2015), describe que “La tasa interna de retorno es el segundo criterio de evaluación que mide la rentabilidad como porcentaje, esto



indica que puede exigir al proyecto una ganancia superior a esta tasa. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el valor actual neto sea cero". (p. 4)

N. Chain y R. Chain (2008) menciona cuatro razones del porqué no se debe utilizar la tasa interna de retorno:

Primero es que conduce a la entrega de un resultado a la misma regla de decisión a la obtenida con el valor actual neto, la segunda razón es que no se puede comparar con otros proyectos, debido a que no se puede interpretar cuán grande es la tasa de uno y en qué proporción la otra es menor; la tercera razón es cuando hay cambios en los signos del flujo de caja, por lo que las tasas pueden ser negativas y no significa que no se está recuperando la inversión; el cuarto criterio es que no se puede utilizar para proyectos que no se enfocan inversión debido a que están diseñado para este modelo. (p. 83)

#### **7.14. Método de periodo de recuperación**

El periodo de recuperación de la inversión es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.

##### **7.14.1. Tratamiento del flujo de efectivo**

El análisis de la rentabilidad de las inversiones debe tener en cuenta el tratamiento que se dé a los flujos de efectivo; es si se construyen en términos reales o nominales, o bien con y sin financiamiento, que son muy importantes para la toma de decisiones. (De la Torre 2003, p. 12)

La definición de los flujos requeridos para analizar las inversiones es preferible separar aquellas resultantes del proyecto de los utilizados para su financiamiento. El flujo derivado de sustraer los flujos financieros de los flujos del proyecto es el que se considera como flujo del promotor o bien del inversionista.

Se recomienda que los flujos financieros deben incluirse sus beneficios y costos, esto es la deuda, intereses y amortizaciones, lo que comúnmente se realiza es que solo se consideran los intereses del proyecto.

#### **7.15. Riesgo e incertidumbre**

Tomando las ideas de, N. Chain y R. Chain (2008) aclara que no solo se trata de conformarse con los resultados que se obtienen al aplicar los criterios de evaluación, debido a que estos no miden con exactitud la rentabilidad del proyecto, sino solo la de uno de los tantos escenarios futuros posibles. Los cambios que casi con certeza se producirán en el comportamiento de las variables del entorno harán que sea prácticamente imposible esperar que la rentabilidad calculada sea la que efectivamente tenga el proyecto implementado. Por ello, la decisión sobre la aceptación o el rechazo de un proyecto debe basarse, más que en el valor actual neto positivo o negativo, en comprender el origen de la rentabilidad de la inversión y de impacto de la no ocurrencia de algún parámetro considerado en el cálculo del resultado.

El proyecto especialmente cuando es muy rentable, tendrá que considerar la reacción de los competidores que intentaran imitar u ofrecer sustitutos al producto exitoso, todas las reacciones deben preverse mediante el análisis de sensibilización de la rentabilidad a cambio, dentro de los rangos probable, en los supuestos que determinaron las estructuras de los costos y beneficios. (N. Chain y R. Chain 2008, p. 48)

## 7.16. Análisis de sensibilidad

En su tesis de grado titulada: *proyecto de inversión: construcción de un edificio de departamentos en el municipio de San Andrés Cholula, Flores* (2005) afirma que “Una vez elaborados todos los estados financieros con sus proyecciones y tomando en cuenta a todas las variables que conformara la información financiera, modificaremos su valores y cantidades con el fin de crear diferentes escenarios” (p. 8).

A esta idea se puede agregar las palabras de N. Chain y R. Chain (2008) como lo afirman a continuación:

La importancia del análisis de sensibilidad se manifiesta en el hecho de que los valores de las variables que se han utilizado para llevar a cabo la evaluación del proyecto pueden tener desviaciones con efectos de consideración en la medición de sus resultados.

Será sensible a las variaciones de uno o más parámetros si, al incluir estas variaciones en el criterio de evaluación empleado, la decisión inicial cambia. Es el efecto que tiene las variaciones sobre la rentabilidad en el pronóstico de las actividades relevantes. Visualizar qué variables tiene mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error en su estimación permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables, para mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo por error. (p. 28)

### **7.16.1. Modelo de sensibilización del valor actual neto**

Determina hasta dónde puede modificarse el valor de una variable para que el proyecto siga siendo rentable. Si en la evaluación del proyecto se concluyó que en el escenario proyectado como el más probable el valor actual neto es positivo, es posible preguntarse hasta dónde puede bajarse el precio o caer la cantidad demandada o subir un costo, entre otras posibles variaciones, para que ese valor actual neto positivo se haga cero.

### **7.16.2. Ventajas y desventajas de la sensibilidad**

Luego de revisar las principales técnicas de su aplicación menciona los usos del análisis de sensibilidad pueden parecer obvios, es necesario insistir sobre determinados aspectos que aún no han sido explicados. Básicamente la sensibilización se realiza para evidenciar la marginalidad de un proyecto, para indicar su grado de riesgo o para incorporar valores no cuantificados. (Ramírez 2012, p. 8)

Para, Mete (2014) menciona que “El análisis de sensibilidad no trata de calcular el valor actual neto y en base a ello para determinar los beneficios y costos al momento de implementar el proyecto” (p.5). El análisis de sensibilidad lo que hace es acercarse lo más que se pueda al resultado del proyecto y conocer la marginalidad de los riesgos que se puedan presentar en el futuro.

## **7.17. Marco legal de los proyectos**

Como lo describen, Duque, López, y Montoya (2019) el ordenamiento jurídico de cada país, fijado por su constitución política, sus leyes, reglamentos, decretos y costumbres, determina diversas condiciones que se traducen en

normas permisivas o prohibitivas que pueden afectar directa o indirectamente el flujo de caja que se elabora para el proyecto que se evalúa.

En el capítulo 11 del libro titulado *Preparación y evaluación de proyectos* N. Chain y R. Chain (2008) comentan que en la etapa del análisis de los aspectos legales del estudio de su viabilidad económica no debe confundirse con la viabilidad legal. Mientras la viabilidad legal busca principalmente determinar la existencia de alguna restricción legal a la realización de una inversión en un proyecto como el que se evalúa, el estudio de los aspectos legales en la viabilidad económica pretende determinar la normativa vigente que afecta la cuantía de los beneficios y costos de un proyecto que ya demostró su viabilidad legal.

#### **7.17.1. La importancia del marco legal**

Para los hermanos, N. Chain y R. Chain (2008) la actividad empresarial y los proyectos que de ella se derivan se encuentran incorporados a un determinado ordenamiento jurídico que regula el marco legal en el cual los agentes económicos se desenvolverán, el estudio de viabilidad de un proyecto de inversión debe asignar especial importancia al análisis y conocimiento del cuerpo normativo que regirá la acción del proyecto, tanto en su etapa de origen como en la de su implementación y posterior operación.

Cuando un proyecto pueda ser muy rentable podrá ser llevado a cabo si no se encuadra en el marco legal de referencia en el que se encuentran incorporadas las disposiciones particulares que establecen lo que legalmente está aceptado por la sociedad, dicho de otra forma, que se manda, prohíbe o permite a su respecto. (N. Chain y R. Chain 2008, p. 247)

### **7.17.2. Marco legal para proyectos de eficiencia energética**

Para, Mauri, Torres y Sánchez (2014) en su libro de *Análisis de la legislación para la implementación de las tecnologías renovables y eficiencia energética y propuesta para superar las barreras de su implementación en Centro América* menciona que Guatemala para el año 2012 contaba con una capacidad instalada de 2790 MW. El sector energético de Guatemala cuenta con cuatro actores estatales de relevancia fundamental en este sector, así como una alta participación privada. La dirección y formulación de políticas en Guatemala es rol fundamental de la “Dirección General de Energía” (DGE) y la “Dirección General de Hidrocarburos” (DGH), dependencia ambas del ministerio de energía y Minas (MEM). A diferencia de otros países de Guatemala no posee un único ente regulador para el sector energético pues DGE asume las funciones del subsector eléctrico y DGH del subsector de hidrocarburos.

Comisión general de energía eléctrica (1996) el sector privado ha dicho que dicha ley cuenta con la amplia participación del sector privado en la generación y lo convierte hasta en el 2014 en el país con el único marco regulatorio que permite las empresas de transmisión privadas, así como empresas privadas que participan en el mercado nacional que quieran aportar la energía generada.

### **7.17.3. Políticas**

El Ministerio de Energía y Minas es la institución del Estado responsable de elaborar y coordinar políticas, planes y programas relativos al sector energético en Guatemala (MEM, 2015). El MEM es el encargado de velar por que se realice conforme a la autorización para la instalación de centrales de generación, transmisión, distribución y comercialización. De acuerdo con la Ley Orgánica del

MEM en su artículo 34 le corresponde atender lo relativo a la producción, distribución y comercialización de la energía y las siguientes funciones:

- Estudio y fomento de las nuevas fuentes de energía renovables, promover su aprovechamiento y estimular el desarrollo de energía.
- Proponer y hacer cumplir las normas ambientales en materia energética.
- Emitir la opinión en el ámbito de su competencia sobre proyectos de otras constituciones que influyan sobre el desarrollo energético.

#### **7.17.4. Regulación**

CNEE (2014) es ente regulador del subsector eléctrico responsable por el cumplimiento de la Ley General de Electricidad y su reglamentos, con funciones asignadas por dicha ley en la planificación y supervisión de los proyectos de licitación para los nuevos proyectos de generación y los procesos de ampliación del sistema de alta tensión, así como el cumplimiento de las adjudicaciones y concesiones, la fijación de tarifas de transmisión y distribución sujetas a la regulación y la metodología de cálculo.

#### **7.17.5. Efectos económicos del estudio legal**

N. Chain y R. Chain (2008) para la preparación del proyecto se ha podido definir una multiplicidad de hechos que pueden tener incidencia en los flujos de caja. Si se ha optado por una alternativa tecnológica que requiere un contrato a pedido para su confección, ese contrato conlleva un estudio legal y por lo tanto desembolsos monetarios que serán necesario cuantificar. De esta manera deberán analizarse los diversos aspectos que puedan significar en la confección

de contratos, escrituras, gastos notariales y otros costos pertinentes vinculados con los aspectos legales.

Son muchos los efectos económicos que tendrán el estudio legal sobre el flujo de caja. Desde la primera actividad que tendrá que realizarse si el proyecto es aprobado, la constitución legal de la empresa, hasta su implementación y posterior operación, el proyecto enfrentará un marco legal particular a la actividad que desarrollará la empresa, el cual influirá directamente sobre la proyección de sus costos y beneficios. (N. Chain y R. Chain 2008, p. 183)

#### **7.18. Evaluación social y ambiental del proyecto**

N. Chain y R. Chain (2008) los proyectos de inversión siempre tendrán una incidencia en la vida social de los seres humanos, por lo que es necesario hacer una evaluación completa de las consecuencias de cada proyecto antes de ponerlo en práctica.

Los principales impactos sociales de los proyectos pueden ser desde la generación de empleos hasta la mejora en las condiciones de vida del lugar donde se llevará a cabo. Si bien, este impacto no siempre es fácil de medir, debe ser tomado en cuenta buscando siempre indicadores que ayuden a esta evaluación. Quizás uno de los aspectos más desarrollados en cuanto al impacto social que generan los proyectos de inversión, es el de los efectos medioambientales, que se pueden generar dada la existencia de mayor conciencia y leyes que regulan las cuestiones ecológicas. (N. Chain y R. Chain, 2008, p. 189)



Para el desarrollo de un proyecto cuando se habla de los impactos sociales es importante conocer el punto de vista ambiental dentro del proyecto, donde identifique los factores potencialmente y las formas para mitigarlos; de hecho, este no debe agregar al estudio de impacto ambiental, los medios físicos y biológicos, cultura, económicos y social, para que estos cumplan con el concepto de integralidad que se ofrece.

En su tesis de pregrado, Torres (2003) explica que enlista los aspectos básicos que se tendrán que tomar en cuenta en este análisis ambiental y de impacto social están; identificar y evaluar impactos ambientales positivos y negativos que pueden resultar del proyecto, definir las medidas de mitigación, buscando eliminar o minimizar los impactos negativos que podrán presentarse en la etapa de inversión o post-inversión del proyecto. (p. 2)

Reforzando las palabras de N. Chain y R. Chain (2008) también enlista factores ambientales, Determinar la posible contaminación ambiental a través de métodos de evaluación de calidad del aire, agua, ruido y calidad del suelo, entre otras, estimar los costos de la mejor alternativa para minimizar o evitar los daños ambientales, generar un proceso de tratamiento de desechos tóxicos que incluya: desde dónde deben recogerse hasta dónde hay que almacenarlos o procesarlos y respetar y proteger a la comunidad en donde se ejecutará el proyecto. (p. 247)

De los aspectos anteriormente mencionados, son tomados en cuenta cuando el proyecto lo vaya requiriendo debido a que se analizan los costos en lo que se incurren cuando se quieren obtener beneficios de las comunidades por la ejecución de los proyectos. Si logrando tener consecuencias positivas al momento de lanzar los proyectos los benéficos ambientales que se obtienen

resulta ser de gran importancia, pero deben ser integrales y que no afecten otros aspectos de las comunidades.

N. Chain y R. Chain (2008) es necesario entonces, que el evaluador del proyecto cuantifique los beneficios y costos ambientales que la inversión va a ocasionar para no terminar violando leyes, pero sobre todo afectando a los seres humanos que son la parte más relevante de cualquier proyecto productivo.



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. ¿Qué es un proyecto?
- 1.2. Inversión y la necesidad de los proyectos
- 1.3. Etapas de concepción del proyecto
- 1.4. Génesis de las ideas
  - 1.4.1. Demanda insatisfecha
  - 1.4.2. Detección de oportunidades
- 1.5. Planificación del proyecto
- 1.6. Definición de objetivos
- 1.7. Viabilidad y factibilidad
- 1.8. Localización
- 1.9. Dimensiones de un proyecto
- 1.10. La importancia de la tecnología en un proyecto
- 1.11. Tipos de tecnología de lámparas de alumbrado público
  - 1.11.1. Lámpara de mercurio de alta presión
  - 1.11.2. Lámpara de sodio de baja presión

- 1.11.3. Lámpara tipo led
  - 1.12. Estudio financiero
    - 1.12.1. Flujo de caja
    - 1.12.2. Los costos del proyecto
  - 1.13. Evaluación de rentabilidad
    - 1.13.1. ¿Qué es el valor presente neto?
    - 1.13.2. ¿Qué es la tasa interna de retorno -TIR-?
  - 1.14. Método de periodo de recuperación
    - 1.14.1. Tratamiento del flujo de efectivo
  - 1.15. Riesgo e incertidumbre
  - 1.16. Análisis de sensibilidad
    - 1.16.1. Modelo unidimensional de la sensibilización del VAN
    - 1.16.2. Ventajas y desventajas de la sensibilidad
  - 1.17. Marco legal de los proyectos
    - 1.17.1. La importancia del marco legal
    - 1.17.2. Marco legal para proyectos de eficiencia energética
    - 1.17.3. Políticas
    - 1.17.4. Regulación
    - 1.17.5. Efectos económicos del estudio legal
  - 1.18. Evaluación social y ambiental del proyecto
2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 2.1. Diagnóstico de los parques de alumbrado público ineficientes
  - 2.2. Identificación de cantidad óptima de luminarias para proyectos
  - 2.3. Estudio financiero para la ejecución de proyectos
  - 2.4. Establecimiento de beneficios integrales de los proyectos
3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Elaboración de diseño de proyectos de eficiencia energética
- 3.2. Proyecciones de reducción de consumos de energía
- 3.3. Instructivo de especificaciones técnicas de las nuevas tecnologías
- 3.4. Presentación de resultados
- 3.5. Discusión de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES



## **9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **9.1. Enfoque**

La metodología de la presente investigación tendrá un análisis mixto, cualitativo debido a que se utilizará el análisis de la información documental para conocer el origen del problema y el marco teórico, será cuantitativo ya que se evaluarán las variables para la ejecución de nuevas tecnologías de alumbrado público.

Adicional, la investigación será de tipo transversal debido a que el trabajo de investigación está regido por un periodo cerrado de tiempo para que se puedan presentar el modelo integral de proyectos de eficiencia energética.

### **9.2. Diseño**

El diseño de investigación es no experimental, debido a que no se realizarán pruebas de laboratorio para la obtención de los datos y no se cuentan con variables las cuales estarían expuestas a laboratorio.

### **9.3. Tipo**

La investigación será de tipo descriptivo, ya que se dará a conocer los factores económicos, sociales y consumos de energía eléctrica; para luego plantear la solución.



## 9.4. Alcance

El alcance metodológico será integral debido a la presentación del modelo de proyecto para que cualquier municipalidad con parques ineficientes lo pueda adoptar.

El estudio se desarrollará en varias fases, estableciendo las interrogantes a investigar para el cumplimiento de los objetivos establecidos y la propuesta de solución, con un plan de acción correctamente definido.

## 9.5. Variables e indicadores

A continuación, en la tabla I se detalla las variables e indicadores:

Tabla I. **Variables e indicadores**

Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica de recolección
Determinación del porcentaje de lámparas ineficientes y costos del alumbrado público.	Cuantitativa	<p>Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul> $\% \text{ de lámparas ineficientes} = \frac{\text{lámparas ineficientes}}{\text{lámparas totales del municipio}}$ <p>Rangos de aceptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-95 % ineficiente.</li> <li>• 96-100 % eficiente.</li> </ul>	Último conteo semestral de alumbrado público de los municipios del suroccidente del país.
		<p>Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul>	Estado de cuenta mensual de cada municipalidad.

Continuación de la tabla I.

Análisis del número óptimo de cambio de luminarias.	Cuantitativa	<p><b>Remanente por tasa de AP</b>  <b>= Recaudo mensual</b>  <b>– (Factura de AP mensual</b>  <b>+ provisión de mantenimiento mensual )</b></p> <p>Rangos de aceptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si es &gt; 1, genera remanente.</li> </ul> <p>Si es ≤ 0, no genera remanente.</p>	Inventarios de alumbrado público y memoria de cálculo de consumo de energía mensual.
		<p>Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul> <p><i>Número óptimo a cambiar =</i>  <i>total de lámparas –</i>  <i>(lámparas con potencias &gt; 10kWh)</i></p>	
		<p>Condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si es mayor del 90 % del total de lámparas, es cambio total.</li> <li>• Si es menor del 90 % del total de lámparas, es cambio parcial.</li> </ul>	
		<p>Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul> <p><i>% de remanente =</i>  <math display="block">\frac{\text{recaudo mensual} - \text{factura mensual}}{\text{recaudo mensual}}</math></p>	
		<p>Rangos de aceptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si es &gt; 1, recuperación de deuda.</li> <li>• Si es = 0, no se endeuda.</li> <li>• Si es &lt; 1, se sigue endeudando.</li> </ul>	

Continuación de la tabla I.

Beneficios integrales de la ejecución de proyectos	Cuantitativa	Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul>	Estado de cuenta mensual del municipio.
$\% \text{ de reducción de facturación} = \frac{\text{facturación actual} - \text{facturación cambio}}{\text{facturación actual}}$			
Rangos de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-74 % sin reducción.</li> <li>• 75-90 % reducción considerable.</li> <li>• 9-100 % reducción completa.</li> </ul>			
	Cuantitativa	Evaluación por municipio del suroccidente del país para los siguientes departamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• San Marcos</li> <li>• Retalhuleu</li> <li>• Quetzaltenango</li> <li>• Suchitepéquez</li> </ul> $\% \text{ de incremento de clientes pago} = \frac{\text{clientes pago}}{\text{clientes totales}}$ Rangos de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0-65% sin incremento.</li> <li>• 66-75% bajo incremento.</li> <li>• &gt; 75% alto incremento.</li> </ul>	Detalle mensual de recaudo de alumbrado público.
	Cualitativa	Índice de reducción de emisión de dióxido de carbono (CO2).	Especificaciones técnicas de lámparas led.

Fuente: elaboración propia.

## 9.6. Fases de la investigación

Las fases del diseño de investigación para el cumplimiento de los objetivos estarán conformadas en cuatro fases descritas de la siguiente forma:

- Fase 1: se iniciará con la revisión documental de los conceptos base para la elaboración de la investigación, para continuar con la fase teórica para la respuesta de las preguntas de investigación.

- Fase 2: consta en determinar el porcentaje de lámparas ineficientes que aumentan el consumo de energía. En los municipios de San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu y Suchitepéquez, se determinarán utilizando los datos históricos de conteos de alumbrado público que se han realizado en el municipio en los últimos 4 semestres. Adicional se establecerán los costos mensuales en que incurren las municipalidades para brindar el servicio de alumbrado público a los pobladores de la circunscripción del municipio

Con esta información se evaluarán los tres tipos de tecnologías en lámparas más utilizadas e instaladas por las municipalidades para luego con el uso de diagramas de Pareto determinar donde se concentran el 20 % de luminarias que representan el 80 % de consumo de energía que se factura mensualmente. Predominando la tecnología de vapor de mercurio con una potencia de 175W, luego sigue la de vapor de sodio con potencias que van de los 100 a 400W, por último, de tenemos la fluorescente de 100 a 1000W. Son las tecnologías sobre las cual se desarrollará la investigación.

- Fase 3: consiste en el análisis de la estructura del modelo de proyecto de eficiencia energética desde el análisis de la facturación por consumo de energía eléctrico, cantidad de usuarios a los que se le factura la tasa por alumbrado público, tasas de alumbrado público justas y equitativas, recaudo de la tasa por alumbrado público. Para luego establecer la cantidad óptima que se debe de cambiar las lámparas de alumbrado público para buscar que el consumo disminuya por una tecnología led con potencias no mayor a los 50W y de ese modo que con el recaudo se pueda cancelar la factura de alumbrado público. Haciendo el proyecto autosostenible y de beneficio para los pobladores de los municipios.

- Fase 4: consiste en realizar el informe final con la información recaudada acerca del diseño de un modelo integral para proyectos de eficiencia energética con el uso de nuevas tecnologías.

#### **9.6.1. Resultados esperados**

El resultado esperado es la recolección de toda la información y las bases de lo que se busca con el desarrollo del trabajo de investigación a través de alternativas que el mercado ofrece en tecnologías que replacen las luminarias de alto consumo y contaminantes. Luego de determinar la tecnología adecuada debemos realizar un estudio financiero en el cual se analizarán los datos históricos de recaudo o fondos que recolecta la municipalidad en concepto de tasa por alumbrado público para que pueda cumplir con los compromisos de la distribuidora.

Con el análisis financiero se indicará por orden de prioridad donde se deben de realizar los proyectos de eficiencia energética para continuar con el estudio de evaluaciones presupuestarias la obtención de las luminarias y los costos asociados a la ejecución de un proyecto con todas sus fases de factibilidad.

En los municipios donde una de las partes involucradas no se cuenta con beneficios integrales se debe de analizar otras formas de abordaje hasta buscar puntos clave para que, en la última fase de la investigación, evaluar si las variables establecidas son independientes para realizar nuevas propuestas, a fin de establecer sistemáticamente el diseño desde las dos aristas para la evaluación y ejecución de los proyectos.

## 9.7. Población y muestra

El parque de luminarias en el suroccidente del país conformado por los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos y partes en la costa de Quetzaltenango. Cuya suma total es de 32,416 con potencias por arriba de 75W. Tomando como procedimiento la teoría de muestreo estadístico se utilizará un nivel de confianza del 95 % y un error estándar del 5.00 %. Se aplica la fórmula:

$$n = \frac{N\sigma Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

$n$  = tamaño de muestra

$N$  = tamaño de la población

$\sigma$  = desviación estándar de la población, para el análisis se utilizará el valor de 0.5.

$Z$  = tipificación del nivel de confianza en la distribución de la normal. Es de 95 % que a dos colas es 1.96.

$e$  = error en la muestra, que varía entre 0.01 y 0.09. Que para la investigación se utilizará 0.05.

Tabla II. Cálculo de la muestra

Variable	Valor	Variable	Valor
N	32,416	Z	1,96
$\sigma$	0,5	e	0,05
<b>n=379,67</b>		<b>Tamaño de la muestra: 380</b>	

Fuente: elaboración propia.

La muestra es bastante representativa para el total de la población con la que se cuenta, por lo que 370 luminarias servirán para analizar el consumo mensual de los últimos 3 años para identificar en qué proporción de consumo predominan sobre las nuevas tecnologías led de la actualidad. Adicional con la muestra generar un análisis estadístico para establecer los agentes contaminantes que puede emitir el total de la población.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En cada una de las fases en la que se desarrolla la investigación se especificarán las técnicas estadísticas, la recolección de datos y el análisis de cálculo aritmético, esto con el fin de obtener resultados y evaluar las conclusiones.

En la primera fase, se utilizará la búsqueda de la información de conteos de alumbrado público (apéndice 3) para luego generar la base de datos y utilizar la estadística descriptiva por medio de una tabla de frecuencias, para la clasificación de las luminarias, por potencias, por ubicación geográficas.

Tabla III. **Frecuencias**

<b>TABLA DE FRECUENCIAS</b>				
<b>Variable</b> (valor)	<b>Frecuencias absolutas</b>		<b>Frecuencias relativas</b>	
	Simple	Acumulada	Simple	Acumulada
$x_i$	$n_i$	$N_i$	$F_i$	$F_i$

Fuente: elaboración propia.

Determinará el porcentaje de luminarias ineficientes y contaminantes que hay en cada municipio y con base en la información por medio de gráficos de Pareto determinando el 20 % de localidades, donde se concentra el 80 % de las lámparas de mercurio. Para luego pasar a la segunda fase para el análisis de los otros factores técnicos y financieros de la evaluación de los proyectos.



La segunda fase de la investigación, se realizará los análisis económicos financieros a través de cálculos de tasas internas de retorno, intereses simples, valor presente neto de las inversiones realizadas. Para el cálculo de la cantidad óptima de luminarias a cambiar por municipio para luego, a través de la ecuación de balance financiero, buscar la disminución en consumo convertido en dinero de la factura de energía de los municipios.

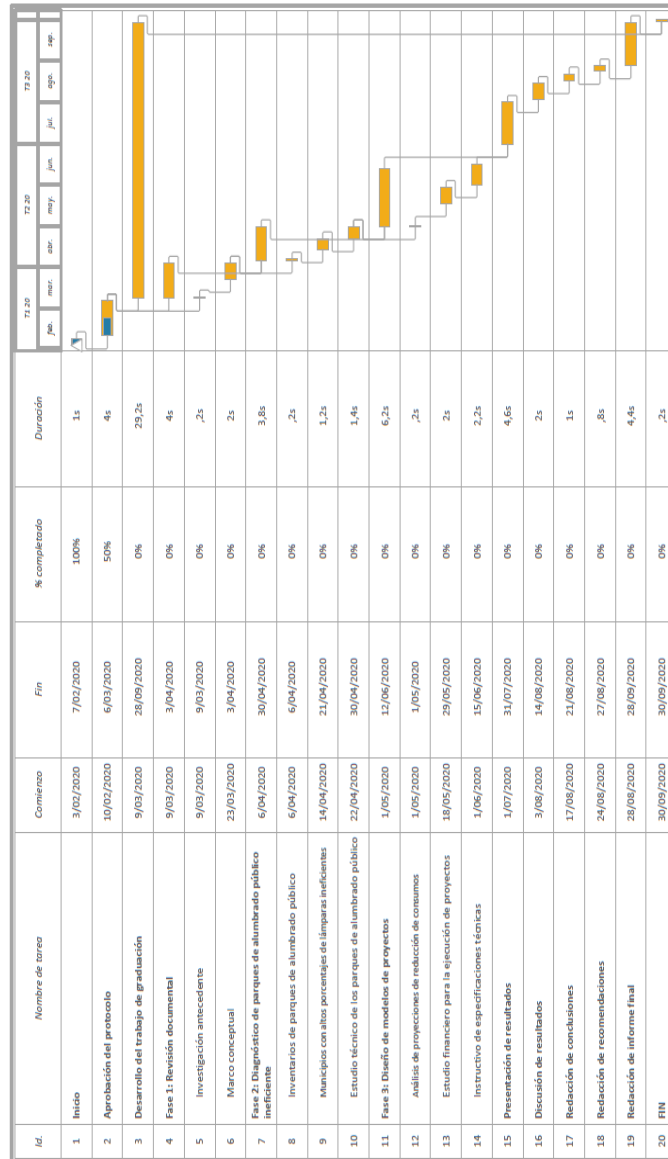
$$VAN = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (\text{Ec. 2.})$$

La tercera fase, se utilizarán los métodos de evaluación de proyectos evaluando los aspectos financieros, ambientales y sociales. Estableciendo un diseño de proyecto adecuado para cada municipalidad con los lineamientos técnicos, ejecución de estos para lograr que sean autosostenible o recomendar otras alternativas para lograr el beneficio integral que se fijó en los objetivos, estableciendo las conclusiones de los resultados, así como las recomendaciones.

Adicional, se utilizarán recursos técnicos, así como el uso de archivos electrónicos de los conteos de alumbrado público. Recursos materiales como: computadora, paquetes de software como Word, Excel, Visio, Project, hojas, calculadora y teléfono. Durante el análisis es necesario contar con la participación del investigador para la realización de las conclusiones.

# 11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma del trabajo de investigación



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Los recursos estarán provistos por el investigador. La base de datos se debe de obtener con permisos de la empresa, de esta manera, tener acceso al histórico de información para el desarrollo de la investigación y lograr la factibilidad de la realización del estudio.

Adicional se contará con el apoyo de dos asesores para la revisión de los avances de la investigación, así como el uso de una computadora con paquete de Microsoft office para la elaboración de los análisis estadísticos e informes.

Tabla IV. **Recursos financieros y materiales**

Descripción	Cantidad	Unidad de medida	precio unitario	Total
Hojas	2	Resmas	Q 27.00	Q 54.00
Internet	5	Mes	Q 150.00	Q 750.00
Teléfono	5	Mes	Q 120.00	Q 600.00
Transporte	50	Galón	Q 24.69	Q 1,234.50
Alimentación	36	Diario	Q 35.00	Q 1,260.00
Impresiones	3.000	Hoja	Q 0.25	Q 750.00
Asesoría de tesis	15	Cesiones	Q 166.67	Q 2,500.05
Hospedaje	3	Diario	Q 250.00	Q 750.00
Gastos varios				Q 1,500.00
Imprevistos 15%				Q 1,409.78
<b>Total</b>				<b>Q 10,808.33</b>

Fuente: elaboración propia.

El recurso financiero necesario para realizar la investigación será aportado al 100 % por el investigador.

### 13. REFERENCIAS

1. Ajenjo, A. (2005). *Dirección y gestión de proyectos*. España: RA-MA S.A.
2. Baca, G. (2016). *Evaluación de proyectos* . México: McGraw-Hill.
3. Brealey, R., Myers, S. y Marcus, A. (1999). Principios de Dirección Financiera. En S. M. R.A. Brealey, *Valoración de proyectos de inversión*. Madrid: McGraw-Hill.
4. Chain, N. S. y Chain, R. S. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogotá: McGraw-Hill.
5. CNEE. (2014). *Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*. Guatemala. Recuperado de <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/normas%20tecnicas/08%20ntgdr.pdf>
6. Comisión nacional de energía eléctrica (1996). *Marco legal del subsector eléctrico de Guatemala, compendio de leyes y reglamentos*. Guatemala. Recuperado de <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>

7. Contraloría General de Cuentas (2002). *Código municipal*. Guatemala. Recuperado de <https://www.contraloria.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/12-CODIGO-MUNICIPAL.pdf>
8. Córdova, S. O. ( 2002). *Enterprise Europe Network*. (Tesis de posgrado). Universidad de Chile, Santiago. Recuperado de [https://www.eenasque.net/guia\\_transferencia\\_resultados/files/Univ.Chile\\_Tesis\\_Guia\\_del\\_Estudio\\_de\\_Mercado\\_para\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_Proyectos.pdf](https://www.eenasque.net/guia_transferencia_resultados/files/Univ.Chile_Tesis_Guia_del_Estudio_de_Mercado_para_la_Evaluacion_de_Proyectos.pdf)
9. De la Torre, M. Y. (2003). *Manual de evaluación de impacto ambiental*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [biblioteca.usac.edu.gt : http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kzNo5agHMnAJ:biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1163\\_IN.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kzNo5agHMnAJ:biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1163_IN.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt)
10. Duque, E., López, S. y Montoya, C. (2019). *Estudio de pre factibilidad para la creación de negocio (bar deportivo (M.I.Z.C.A))*. (Tesis de grado). Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. Recuperado de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16579/2/2019\\_estudio\\_pre\\_factibilidad.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16579/2/2019_estudio_pre_factibilidad.pdf)
11. Energía, O. L. (2018). *Olade*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0411.pdf>

12. Flores, F. I. (2005). *Proyecto de inversión: Construcción de un edificio de departamentos en el municipio de San Andrés Cholula*. (Tesis de grado). Universidad de la Américas Puebla, México. Recuperado de: Publa: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lcp/castillo\\_f\\_fi/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/castillo_f_fi/)
13. Mauri, C., Torres, C. y Sánchez, J. (2014). *Análisis de la legislación para la implementación de las tecnologías renovables y eficiencia energética y propuesta para superar las barreras de su implementación en Centro América*. San José: Recuperado de <http://sb.ues.edu.sv/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=26275>
14. MEM (2014). *Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*. Guatemala. Recuperado de [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2017/11/Plan-nacional-de-energia.pdf?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=07bef743619b7aad1f5a0c4a645bda30d57e9546-1597895016-0-AfmOepkL6fJhTPsdEtFc1mG08HV5sxRZgKUrQ9RpFfLvwpWYajBtg8japvISFmxha\\_LfuVIYr7ysrUrsgdrdcTXCmVVx-AFp-bi6-z](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2017/11/Plan-nacional-de-energia.pdf?__cf_chl_jschl_tk__=07bef743619b7aad1f5a0c4a645bda30d57e9546-1597895016-0-AfmOepkL6fJhTPsdEtFc1mG08HV5sxRZgKUrQ9RpFfLvwpWYajBtg8japvISFmxha_LfuVIYr7ysrUrsgdrdcTXCmVVx-AFp-bi6-z)
15. MEM (2015). *Reglamento orgánico interno del Ministerio de Energía y Minas: Acuerdo gubernativo número 620-2003*. M.E. Recuperado de <https://bit.ly/32mD0I5>



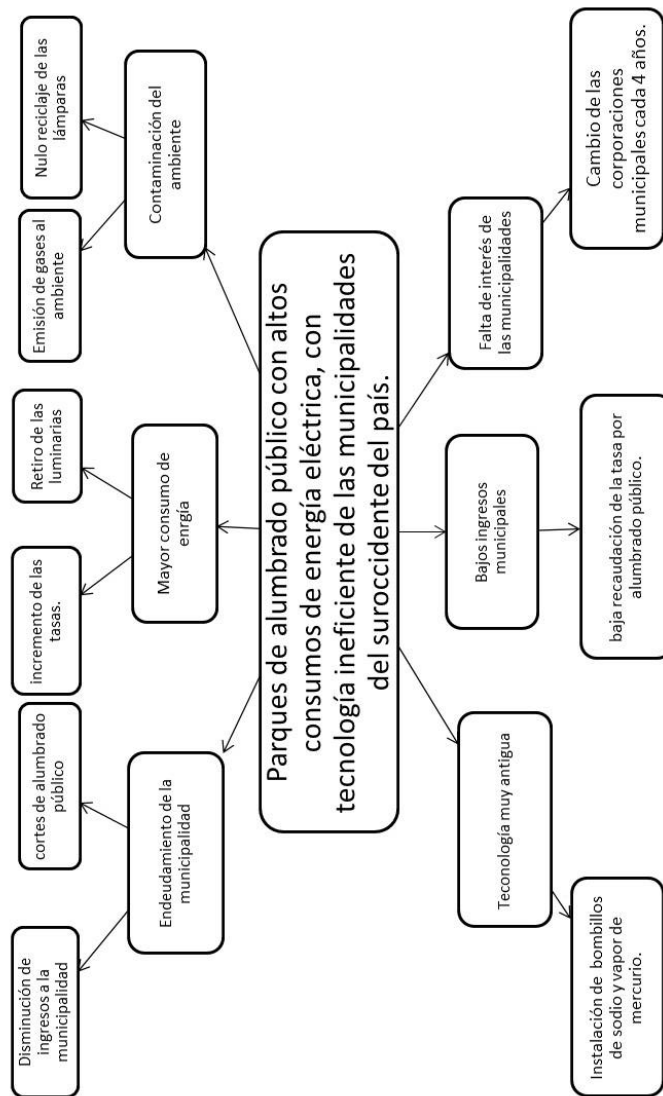
16. Mete, M. R. (11 de Enero de 2014). *Fides et Ratio. Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*. Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-081X2014000100006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006)
17. Miranda, J. J. (2005). *Gestion de Proyectos*. Bogotá: Editores MM. Recuperado de [https://www.jwor.org/https://www.jwor.org/conferencia/Evapro/contenido/M-0\\_Material/Pdf/Lib\\_Gestion-Proyectos.pdf](https://www.jwor.org/https://www.jwor.org/conferencia/Evapro/contenido/M-0_Material/Pdf/Lib_Gestion-Proyectos.pdf)
18. OBS Business School (2020). *Criterios para seleccionar los objetivos de un proyecto*. Barcelona. Recuperado de <https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/criterios-para-seleccionar-los-objetivos-de-un-proyecto>
19. PNUD. (2020). *Informe Nacional de Desarrollo Humano en Guatemala*. Guatemala. Recuperado de <http://desarrollohumano.org.gt/indh-20152016-2/capitulo-2-el-estado-reciente-del-desarrollo-humano/>
20. Ramírez, D. C. (2012). *Análisis de sensibilidad de indicadores financieros en la evaluación de inversiones en Mipymes*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Recuperado de: [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5523/analisis\\_de\\_sensibilidad.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5523/analisis_de_sensibilidad.pdf)

21. Salinas, R. J. (15 de Abril de 2015). *Criterios para la toma de decisión de inversiones*. Recuperado de Dialnet: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qtqktRBtlkkJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5140002.pdf+&cd=11&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt>
  
22. SENER. (2016). *Proyecto nacional de eficiencia energética en alumbrado público municipal (proyecto nacional)*. México. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/documentos/proyecto-nacional-de-eficiencia-energetica-en-alumbrado-publico-municipal-proyecto-nacional>



## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

TEMA	TÍTULO	PROBLEMA	PREGUNTA CENTRAL	PREGUNTA SECUNDARIA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>Evaluación de proyectos</p>	<p>DISEÑO DE MODELO HOLÍSTICO PARA PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LAS MUNICIPALIDADES DE SUROCCIDENTE DE GUATEMALA.</p>	<p>Parques de alumbrado público con altos consumos de energía eléctrica, con tecnología ineficiente de las municipalidades del suroccidente del país</p>	<p>¿Qué metodología o herramienta se utilizará para el diseño de los proyectos de eficiencia energética de las municipalidades del suroccidente del país?</p>	<p>¿Cómo podrán las municipalidades reducir el consumo de energía de las lámparas de alumbrado público?</p>	<p>Diseñar modelo holístico de proyectos de eficiencia energética para las municipalidades del suroccidente el país.</p>	<p>Reducir el consumo de energía de lámparas de alumbrado público.</p>
<p>Manejo de desechos eléctricos</p>				<p>¿Qué metodología de cobro de tasa por alumbrado público es la más justa para las municipalidades?</p>		<p>Proponer las tasas municipales de alumbrado público óptimas.</p>
<p>Evaluación económica</p>				<p>¿Cuáles son los beneficios que obtendrán la distribuidora, la municipalidad y los pobladores con la ejecución de estos proyectos?</p>		<p>Determinar los beneficios que obtendrán la distribuidora, la municipalidad y los pobladores.</p>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Reporte de inventario de lámparas**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
 MAESTRÍA EN GESTIÓN INDUSTRIAL

**REPORTE DE INSTALACIÓN O RETIRO DE LÁMPARAS**

Fecha (municipio, departamento, mes, día, año)

Señores  
 Distribuidora de Electricidad

El motivo de la presente es para informarles de los cambios en el parque de luminarias en el municipio de \_\_\_\_\_, en el mes de \_\_\_\_\_ del año 20\_\_.

A continuación, se detalla los cambios realizados:

LOCALIDAD	RETIRO			INSTALO			FECHA
	CANTIDAD	POTENCIA (W)	Tecnología	CANTIDAD	POTENCIA (W)	Tecnología	

Favor tomar en cuenta dichos cambios para la actualización del parque de luminarias a partir de la próxima facturación.

Atentamente

\_\_\_\_\_  
 Alcalde municipal

Fuente: elaboración propia.

