



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal

**EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
SOLARES PARA ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9,  
MUNICIPIO DE MIXCO**

**Ing. Luis Martín de León Osorio**

Asesorado por el M.A. Ing. Josué Miguel Ramírez Lemus

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
SOLARES PARA ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9,  
MUNICIPIO DE MIXCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ING. LUIS MARTÍN DE LEÓN OSORIO**

ASESORADO POR EL M.A. ING. JOSUÉ MIGUEL RAMÍREZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO  
MUNICIPAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADORA	Mtro. Ing. Luis Alberto Santos Quiñonez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
SOLARES PARA ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9,  
MUNICIPIO DE MIXCO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de enero de 2022.





**Ing. Luis Martín De León Osorio**

LNG.DECANATO.OI.566.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SOLARES PARA ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9, MUNICIPIO DE MIXCO**, presentado por: **Ing. Luis Martín de León Osorio**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc



EEPFI-1656-2022

Guatemala, 8 de noviembre de 2022

**Profesional**

**Luis Martín De León Osorio**

**Carné: 200611432**

**Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo  
Municipal**

**Distinguído Profesional De León Osorio**

De manera atenta hago constar que de acuerdo con la aprobación del coordinador de maestría y docente-revisor doy el aval a su Informe Final y Artículo Científico titulado: **"EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SOLARES DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9, MUNICIPIO DE MIXCO."**

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, coherencia según lo establecido en el ***Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.*** Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, **por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.**

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



**MSc. Ing. Edgar Darío Alvarez Coti**

**Director**

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 8 de noviembre de 2022

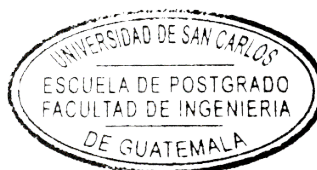
**M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti**  
**Director**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Presente**

**Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti**

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SOLARES DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9, MUNICIPIO DE MIXCO.** del estudiante **Luis Martín De León Osorio** quien se identifica con número de carné **200611432** del programa de Maestria En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el ***Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.*** Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



**Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque**  
**Coordinador**  
**Maestria En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**

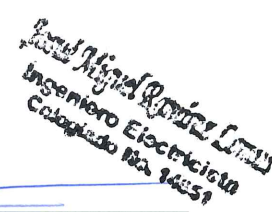
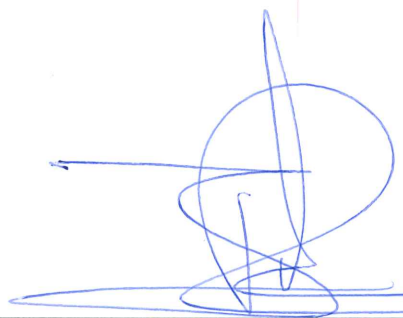
Guatemala, 8 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrados  
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"EVALUACIÓN TÉCNICA-FINANCIERA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SOLARES DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LA ZONA 9, MUNICIPIO DE MIXCO."** del estudiante **Luis Martín De León Osorio** del programa de **Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal** identificado(a) con número de carné 200611432.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Mtro. Ing. Josué Miguel Ramírez Lemus

Colegiado No.14951

Asesor de Tesis



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mi madre**

Isabel Osorio. Por su apoyo incondicional, por mostrarme el camino a Dios, por ser un gran ejemplo de perseverancia.

### **Mis hermanos**

José y Ernesto Osorio. Por sus muestras de apoyo y cariño incondicional y por su deseo de verme alcanzando nuevas metas.

### **Sobrinos**

Que este sea un ejemplo para ellos y una inspiración de luchar por sus sueños.

### **Toda mi familia**

Por ser un importante apoyo, en mi carrera y en muchos ámbitos más, por estar siempre cada vez que los necesite.

### **Mis amigos**

Por su apoyo en todo momento y saber que puedo contar con ellos en cada etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme fuerza y aliento en los momentos difíciles, porque sin Él nada soy.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por cederme la oportunidad de alcanzar un objetivo más en mi vida.
<b>Escuela de estudios de Postgrado</b>	Por haberme permitido alcanzar un objetivo más en mi vida profesional.
<b>Mis amigos de la Escuela de Postgrado</b>	Con quienes pasé desvelos, alegrías y tristezas, por brindarme su amistad.
<b>Mi asesor</b>	M.A. Ing. Josué Miguel Ramírez Lemus, por compartir de su tiempo y conocimiento en la realización de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	XIX
OBJETIVOS.....	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Energías renovables.....	1
1.2. Tipos de energías renovables .....	1
1.2.1. Energía solar .....	1
1.3. Características de la energía solar .....	2
1.4. Importancia de la energía solar .....	2
1.5. Ventajas de la energía solar .....	3
1.5.1. Radiación solar .....	3
1.5.2. Radiación directa .....	4
1.5.3. Radiación difusa .....	4
1.5.4. Radiación albedo .....	4
1.6. Sistemas de iluminación .....	5
1.6.1. Alumbrado público con paneles solares .....	5
1.6.1.1. Qué es un panel solar.....	6
1.6.1.2. Sistemas de baterías .....	7
1.6.1.3. Tipos de batería.....	8

	1.6.1.4.	Iluminación .....	9
	1.6.1.5.	Tipos de luminarias solares.....	10
	1.6.1.6.	Cantidad de luz apropiada.....	12
	1.6.1.7.	Intensidad de luz .....	13
	1.6.1.8.	Características generales de los equipos con paneles solares .....	13
	1.6.1.9.	Ventajas .....	14
	1.6.1.10.	Desventajas.....	15
1.7.		Marco legal.....	16
	1.7.1.	Ley General de Electricidad .....	16
	1.7.2.	Desarrollo sostenible.....	16
	1.7.3.	Protocolo de Kioto .....	16
	1.7.4.	Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas .....	18
	1.7.4.1.	Objetivo 7: garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos .....	18
	1.7.4.2.	Objetivo 9: construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar innovación .....	19
	1.7.4.3.	Objetivo 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles .....	20
	1.7.5.	Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable.....	20
	1.7.6.	Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable...	21

1.7.7.	Sistema Nacional de Planificación.....	21
1.7.8.	Código Municipal .....	22
1.7.8.1.	Competencias municipales .....	23
1.7.8.2.	Servicios Públicos Municipales, su operación, mantenimiento y financiamiento.....	23
1.7.8.3.	Fuentes de ingreso de un municipio .....	24
1.7.9.	Plan Estratégico Institucional - PEI.....	25
1.7.10.	Plan Operativo Anual - POA .....	25
1.7.11.	Plan Operativo Multianual – POM.....	26
1.7.12.	Ley de Contrataciones del Estado .....	26
1.8.	Marco geográfico .....	27
1.8.1.	Descripción de la zona 9 de Mixco .....	28
1.8.2.	Historia de la zona 9 de Mixco.....	28
1.8.3.	Localización .....	28
1.8.4.	Vías de acceso .....	29
1.8.5.	Colindancias .....	29
1.9.	Marco financiero .....	31
1.9.1.	Valor Presente Neto .....	31
1.9.2.	Beneficio/costo .....	31
1.9.3.	Tasa Interna de Retorno TIR .....	32
2.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
2.1.	Análisis financiero del presupuesto designado al alumbrado público en zona 9 de Mixco, municipio de Guatemala.....	33
2.1.1.	Presupuesto asignado al alumbrado público .....	35
2.1.2.	Mantenimiento del sistema de alumbrado público ...	39
2.1.3.	Equipos disponibles en el mercado .....	40
2.1.4.	Consideraciones de las alternativas .....	40

2.2.	Análisis de las alternativas .....	42
2.2.1.	Inversión en equipo seleccionado para iluminación pública .....	45
2.2.2.	Mantenimiento del equipo seleccionado para iluminación pública .....	46
2.2.3.	Determinación de los costos de implementación de las alternativas seleccionadas .....	48
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	51
3.1.	Valor Presente Neto .....	51
3.2.	Beneficio/costo .....	58
3.3.	TIR .....	65
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
4.1.	Comparación del costo actual contra las alternativas planteadas.....	69
4.2.	Análisis financiero en una proyección de 2 y 4 años para la implementación del sistema de alumbrado público con paneles solares .....	70
4.2.1.	Consideraciones del proceso de transición de la alternativa.....	72
4.2.2.	Alternativa elegida para el sistema de AP .....	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES .....	77
	REFERENCIAS .....	79
	APÉNDICES.....	85
	ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Luminaria tipo independiente todo en uno .....	11
<b>Figura 2.</b>	Luminarias centralizadas .....	12
<b>Figura 3.</b>	Mapa del municipio de Mixco.....	30
<b>Figura 4.</b>	Monto gastado por concepto de servicio y mantenimiento de AP .....	34
<b>Figura 5.</b>	Beneficio/costo alternativo 1 - proyección 6 años.....	59
<b>Figura 6.</b>	Beneficio/costo alternativa 1 proyección 20 años .....	61
<b>Figura 7.</b>	Beneficio/costo alternativa 2 – proyección 6 años .....	62
<b>Figura 8.</b>	Beneficio/Costo alternativa 2 – proyección a 20 años .....	63
<b>Figura 9.</b>	Beneficio/costo alternativa 3 – Proyección a 8 años.....	64
<b>Figura 10.</b>	Beneficio/costo alternativa 3 – Proyección a 20 años.....	65

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Monto destinado al alumbrado público .....	XXVI
<b>Tabla 2.</b>	Especificaciones generales de luminarias con paneles solares .....	XXVII
<b>Tabla 3.</b>	Especificaciones de paneles solares .....	XXVIII
<b>Tabla 4.</b>	Especificaciones de baterías .....	XXVIII
<b>Tabla 5.</b>	Especificaciones de luminarias.....	XXVIII
<b>Tabla 6.</b>	Comparativa de sistemas de iluminación.....	XXIX
<b>Tabla 7.</b>	Iluminación apropiada.....	13

<b>Tabla 8.</b>	Presupuesto del servicio de alumbrado público años 2016-2020 .....	34
<b>Tabla 9.</b>	Monto destinado al alumbrado público .....	35
<b>Tabla 10.</b>	Luminarias en zona 9 de Mixco .....	36
<b>Tabla 11.</b>	Luminarias en el municipio de Mixco .....	37
<b>Tabla 12.</b>	Especificaciones generales de luminarias con paneles solares ...	41
<b>Tabla 13.</b>	Especificaciones de paneles solares .....	41
<b>Tabla 14.</b>	Especificaciones de baterías .....	42
<b>Tabla 15.</b>	Especificaciones de luminarias .....	42
<b>Tabla 16.</b>	Cuadro comparativo de monto de inversión entre las alternativas planteadas.....	46
<b>Tabla 17.</b>	Costo de mantenimiento del sistema de AP .....	47
<b>Tabla 18.</b>	VPN costo del servicio actual .....	52
<b>Tabla 19.</b>	Alternativa 1 - VPN a 2 años .....	52
<b>Tabla 20.</b>	Alternativa 1 - VPN a 4 años .....	53
<b>Tabla 21.</b>	Alternativa 1 - VPN a 4 años .....	53
<b>Tabla 22.</b>	Alternativa 2 – VPN a 2 años .....	54
<b>Tabla 23.</b>	Alternativa 2 – VPN a 4 años .....	55
<b>Tabla 24.</b>	Alternativa 2 – VPN a 20 años .....	55
<b>Tabla 25.</b>	Alternativa 3 – VPN a 2 años .....	56
<b>Tabla 26.</b>	Alternativa 3 – VPN a 4 años .....	57
<b>Tabla 27.</b>	Alternativa 3 – VPN a 20 años .....	57
<b>Tabla 28.</b>	Valor de TIR Alternativa 1 .....	66
<b>Tabla 29.</b>	Valor de TIR Alternativa 2 .....	67
<b>Tabla 30.</b>	Valor de TIR Alternativa 3 .....	67
<b>Tabla 31.</b>	Comparación del costo actual contra las alternativas planteadas.....	70
<b>Tabla 32.</b>	Comparación entre alternativas a 2 y 4 años .....	71
<b>Tabla 33.</b>	Comparativa entre alternativas en un horizonte de 20 años .....	72



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ah	Amperio hora
Cd	Candela
kW	Kilowatt (kilovatio)
Lm	Lumen
Lm/W	Lumen/Watt
MW	Mega watt
N	Norte
%	Porcentaje
Q	Quetzal
V	Voltio
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro cuadrado (vatio por metro cuadrado)
W	Watt
W	West (oeste)



## **GLOSARIO**

<b>AC</b>	Corriente alterna.
<b>AG</b>	Acuerdo Gubernamental.
<b>Alcalde</b>	Autoridad elegida democráticamente que preside la municipalidad, encargada de ejecutar y dar seguimiento a planes, políticas y programas aprobados por el Concejo Municipal.
<b>Alumbrado público</b>	Servicio municipal destinado a la iluminación de espacios públicos y vías de circulación que se encuentran bajo dominio del municipio.
<b>AP</b>	Alumbrado público.
<b>B/C</b>	Beneficio/costo.
<b>Beneficio/costo</b>	Relación que denota el beneficio obtenido tras la inversión en proyectos de carácter público o sin fines de lucro.
<b>Candela</b>	Unidad del flujo luminoso emitido por un iluminante en una cierta dirección.

<b>Ciclos de carga</b>	Número de veces en la que una batería puede ser cargada y descargada completamente.
<b>CIF</b>	<i>Cost insurance and freight.</i>
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
<b>Código Municipal</b>	Contiene las ordenanzas y principios constitucionales referentes a la organización, administración y gobierno de los municipios, así como de sus obligaciones.
<b>Concejo Municipal</b>	Son los responsables de la toma de decisiones en el municipio, integrada por el alcalde, síndicos y concejales elegidos.
<b><i>Cost Insurance and Freight</i></b>	Se refiere al costo, seguro y flete del envío aéreo o marítimo a la aduana del país del comprador.
<b>DC</b>	<i>Direct current</i> (corriente directa).
<b>DDP</b>	<i>Delivered duty paid.</i>
<b>Declaración Única Centroamericana</b>	Este documento unifica las tres principales declaraciones aduaneras que protegen el comercio de mercancías centroamericanas.

<b><i>Delivered dutty paid</i></b>	Se refiere a que el vendedor es responsable de los costos de envío, aranceles e impuestos, incluida la documentación aduanera, para llevar el producto a la puerta del comprador.
<b>DMP</b>	Dirección Municipal de Planificación.
<b>DUCA</b>	Declaración Única Centroamericana.
<b>EEGSA</b>	Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.
<b>Efecto invernadero</b>	Proceso en el que la radiación térmica absorbida por los gases producidos por efecto invernadero es irradiada a todas direcciones elevando la temperatura del planeta.
<b>Energía renovable</b>	Energía obtenida de fuentes naturales.
<b>Energía solar</b>	Resultado de la transformación directa de la radiación electromagnética a energía eléctrica por medio de paneles solares.
<b>Evaluación financiera</b>	Valoración del rendimiento económico referente a los gastos e ingresos basados en ciertos criterios económicos.
<b>Exención</b>	Efecto de eximir a una persona de una carga, culpa, obligación o compromiso.

<b>Factibilidad</b>	Determina la posibilidad de llevar a cabo un proyecto que se desea implantar donde se conoce si el resultado es favorable o no.
<b>Gases de efecto invernadero</b>	Gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo lo que constituye un aumento en la temperatura.
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero.
<b>Implementación</b>	Es la ejecución o puesta en marcha de una idea planteada.
<b>Incentivo</b>	Que impulsa a hacer o desear una cosa.
<b>ISR</b>	Impuesto sobre la renta.
<b>IVA</b>	Impuesto al valor agregado.
<b>LCE</b>	Ley de Contrataciones del Estado.
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode.</i>
<b>Ley</b>	Regla o norma establecida por una autoridad superior para regular, de acuerdo con la justicia, algún aspecto de las relaciones sociales.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas.

<b>Objetivos de Desarrollo Sostenible</b>	Objetivos mundiales enfocados en la reducción de la pobreza, protección de los recursos del planeta, y garantizar una vida digna para el 2030.
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas.
<b>Órgano Público</b>	Es el encargado de suministrar a la población, gratuitamente o a precios convencionales, servicios de interés público que no sería económico ni fácil de suministrar de otro modo; administrar los asuntos públicos y se ocupan de llevar a cabo la política económica y social de la región.
<b>Panel solar</b>	Elemento que transforma por efecto fotovoltaico la radiación solar en energía eléctrica.
<b>PEI</b>	Plan Estratégico Institucional.
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas de Desarrollo.
<b>POA</b>	Plan Operativo Anual.
<b>POM</b>	Plan Operativo Multianual.
<b>Protocolo de Kioto</b>	Instrumento creado para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, pone en práctica lo acordado en

la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático de 1997.

<b>Radiación solar</b>	Energía emitida por el Sol propagada en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.
<b>Reglamento</b>	Normas que desarrollan otras normativas de un rango jerárquico superior.
<b>Servicios públicos</b>	Servicios brindados a los ciudadanos para el desempeño de sus actividades diarias los cuales buscan su bienestar, son regulados por la municipalidad, también llamado así el Órgano Público encargado de administrarlos.
<b>SNP</b>	Sistema Nacional de Planificación.
<b>Tasa interna de retorno</b>	Herramienta financiera útil para encontrar la tasa en la cual los ingresos equivalen a los costos, es decir la tasa en la que el VPN referente a los gastos e ingresos es igual a cero, con ello se obtiene la tasa requerida para reintegrar los montos de inversión.
<b>Tasa municipal</b>	Tiene como hecho generador la prestación efectiva por el municipio de un servicio público individual al contribuyente, sólo puede ser cobrado si el ciudadano goza del servicio.



<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno.
<b>Valor presente neto</b>	El valor presente neto consiste en transformar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente (hoy), los valores futuros.
<b>Vatio</b>	Unidad de medida de potencia que equivale a la potencia capaz de conseguir la producción de energía igual a un Joule por segundo.
<b>VPN</b>	Valor presente neto.



## **RESUMEN**

La implementación de alumbrado público utilizando equipos que aprovechan la energía solar es actualmente un tema que está ganando protagonismo en el mundo, esto principalmente por varias razones, por ejemplo; la falta de cobertura de energía eléctrica, el compromiso ambiental en la reducción de gases de efecto invernadero, el uso de energías renovables, entre otros, en este caso se busca disminuir los costos generados por concepto de servicios de alumbrado público (AP).

Las municipalidades cada año destinan del presupuesto municipal un monto considerable al servicio de AP, esto limita los fondos municipales para atender otros temas relacionados al desarrollo del municipio, por lo que contar con una alternativa que promueva un ahorro en este rubro vendrá a promover no solo el uso de energía limpia y renovable, sino que también proveer alivio en el tema presupuestario municipal.

La presente investigación busca determinar si es factible la implementación de un sistema de alumbrado público empleando equipos con aprovechamiento solar, se realizará una comparativa del monto destinado al servicio de AP de años anteriores contra una evaluación técnica-financiera de la alternativa planteada a una proyección de 2 y 4 años, con ello se deducirá el Beneficio/costo que supondrá la alternativa del servicio de AP.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los retos que enfrentan las municipalidades es recaudar fondos propios y la asignación del situado constitucional que se emplea en las mejoras del municipio, uno de los rubros a los que se le asigna buena parte del presupuesto anual es al costo del servicio de energía eléctrica por concepto de alumbrado público, en la actualidad muchas luminarias no son del tipo ahorradoras con lo que se puede generar menores costos si estas son reemplazadas por otras de menor consumo o bien independizar el sistema de alumbrado público con sistemas alimentados con paneles solares.

El alto costo de servicio de alumbrado público por consumo de energía en zona 9 de Mixco es una problemática no solo para esta zona, sino para todo el municipio, no obstante, se tiene contemplado conocer cuánto representa ese gasto en esta zona, esto es resultado de emplear tecnologías obsoletas (focos no ahorradores) lo cual implica un mayor costo en su mantenimiento cuando se requiera, a su vez, el mantenimiento es afectado por los recursos que la municipalidad disponga para tal fin ya que de ser limitados la respuesta no será inmediata para atender esta necesidad.

Es necesario reducir lo que se paga por concepto de alumbrado público, lo cual tendrá un efecto positivo de ahorro económico para la municipalidad, lo que implicaría que contaría con mayores fondos, al emplear energías limpias y renovables, en este caso energía solar, se puede tener independencia de la red de energía eléctrica y no depender de su proximidad para la ubicación de luminarias en la zona.

La sustitución de lámparas incandescentes por sistemas de iluminación alimentados con paneles solares supondrá incluso un menor costo por concepto de mantenimiento además de utilizar energías limpias y renovables, en este caso, energía solar, se espera con este trabajo presentar una alternativa energética que propicie la disminución de los costos en el consumo de energía eléctrica destinado al alumbrado público, de igual manera se busca crear la posibilidad de generar conciencia y hábito de uso de energías limpias en la zona 9 del municipio de Mixco, y además se estará contribuyendo con el objetivo 7 Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente denotado en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas, mostrando un impacto positivo a nivel municipal el cual, de mostrar un resultado positivo podrá ser replicado en más zonas del municipio o bien a nivel departamental.

- Preguntas de investigación

Para el desarrollo de este diseño de investigación se tuvieron que formular las siguientes preguntas.

- Pregunta principal

- ¿Cuál es la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de alumbrado público en la zona 9 de Mixco basado en el aprovechamiento de energía solar?

- Preguntas secundarias
  - ¿Cuánto se podrá ahorrar en el costo por el consumo de energía eléctrica destinada al alumbrado público con sistemas de iluminación con paneles solares?
  - ¿Qué características requieren los equipos necesarios para los sistemas de alumbrado con aprovechamiento solar fotovoltaico?
  - ¿Cuál será el resultado de una evaluación económica en 2 y 4 años para la implementación del sistema de alumbrado público con paneles solares?





## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar una evaluación técnica financiera sobre la factibilidad de la implementación de sistemas de alumbrado público con aprovechamiento solar para la zona 9 de Mixco.

### **Específicos**

1. Estimar el ahorro por la implementación del sistema de alumbrado público alimentado con paneles solares contra el costo del servicio sistema actual para determinar si existe ahorro en este servicio.
2. Determinar el equipamiento y características de funcionamiento requerido para el sistema de alumbrado público con aprovechamiento solar óptimo a implementar.
3. Realizar una evaluación financiera en una proyección igual al periodo de vida útil de los equipos de la implementación de alumbrado público con paneles solares.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Tipo de estudio

Se realizó una investigación de tipo cuantitativa, cualitativa, descriptiva y documental no experimental.

Es de carácter cuantitativo ya que los resultados requieren el uso de herramientas financieras para su análisis, cualitativo dado que se obtuvo información no cuantificable, es descriptiva porque se requirió determinar la problemática que impera en el sector y documental porque se obtuvo datos financieros recopilados del costo por servicios de alumbrado público, esto mediante información solicitada a la municipalidad de Mixco y con ello realizar un análisis financiero y es no experimental dado que la información no constituye intervención directa en su obtención.

El alcance de esta investigación no comprobará una hipótesis.

- Fases del estudio

Se describirán a continuación cuatro fases del estudio.

- Fase 1: exploración bibliográfica y desarrollo del marco teórico

En la primera fase se obtuvo la bibliografía relacionada a la importancia del uso de energías renovables, explicación del uso de la energía solar y los factores que intervienen, la información recabada será la base para la elección

del tipo de equipos adecuados para el sistema de alumbrado público alimentado por energía solar como alternativa de uso de energías limpias, gratuitas, renovables e ilimitadas.

- Fase 2: recolección documental

En la segunda fase se realizó una consulta de documentos con información financiera del monto presupuestario que se asigna al pago del servicio de alumbrado público en la zona 9 de Mixco, así como la información del tipo, cantidad de luminarias, características técnicas y monto asignado al mantenimiento del sistema de alumbrado público correspondiente a los años: 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

Con la información financiera obtenida se realizó una comparativa de cuánto se destina al servicio de alumbrado público.

Para realizar esta comparativa se consideró el monto que la municipalidad asignó al servicio de AP.

**Tabla 1.**

*Monto destinado al alumbrado público*

Año	Monto	Mantenimiento	Tipo de luminaria
2016			
2017			
2018			
2019			
2020			

*Nota.* Ejemplo para tabular el monto estimado para el alumbrado público. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se realizó una investigación de equipos disponibles en el mercado con aprovechamiento solar, se elegirá la mejor alternativa que se adapte a las necesidades del proyecto, entre los factores a considerar para las alternativas están; precio del equipo, durabilidad de luminarias, tiempo de descarga de baterías para garantizar que se pueda cumplir con el periodo de iluminación necesaria, eficacia lumínica y la vida útil en horas de las luminarias, con ello se realizó un análisis financiero de inversión de equipos, mantenimientos necesarios e instalación de los equipos, se realizaron tablas con las especificaciones técnicas de los equipos para su comparación.

**Tabla 2.**

*Especificaciones generales de luminarias con paneles solares*

Características	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Descripción del equipo			
Modelo / referencia			
Tipo			
Potencia nominal W			
Fotografía del equipo			
Costo del equipo			

*Nota.* Ejemplo para tabular luminarias con paneles solares. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 3.***Especificaciones de paneles solares*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Voltaje V DC			
Potencia W			
Material			

*Nota.* Ejemplo para tabular especificaciones de paneles solares. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 4.***Especificaciones de baterías*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tipo			
Ciclos de carga			
Tiempo de descarga			
Capacidad en Ah			
Voltaje			

*Nota.* Ejemplo para tabular especificaciones de baterías. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 5.***Especificaciones de luminarias*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Vida útil en horas			
Temperatura de color en k			

Continuación de la tabla 5.

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Flujo luminoso Lm			
Eficacia lumínica Lm/W			

*Nota.* Ejemplo para tabular especificaciones de luminarias. Elaboración propia, realizado con Excel.

Una vez elegida la alternativa adecuada, se procedió a la estimación de gastos de mantenimiento, costo total de compra de los equipos para obtener el monto de inversión inicial, luego con el costo de instalación y costo anual de operación se realizaron tablas donde la alternativa con paneles solares se comparó a los montos obtenidos de la municipalidad con el sistema que actualmente opera.

**Tabla 6.**

*Comparativa de sistemas de iluminación*

Descripción	Mantenimiento anual	Monto anual por el servicio	Periodo proyectado
Alternativa			
Sistema actual			
Diferencia			

*Nota.* Ejemplo para tabular comparativas de sistemas de iluminación. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Fase 3: análisis económico de la propuesta

Con los datos financieros obtenidos de la propuesta recomendable se podrá realizar un análisis financiero del monto al que supondrá la implementación de un sistema de alumbrado con alimentación solar en contraposición al sistema actual, luego, se realizará un análisis financiero con una proyección de 2 y 4 años, con la finalidad de la implementación del sistema de alumbrado público con paneles solares, se emplearán las herramientas VPN, B/C y TIR para realizar las proyecciones. La herramienta VPN se emplea para analizar los montos en un valor proyectado en el presente y la rentabilidad de las inversiones, la TIR es el indicador que estima la tasa de rentabilidad de la inversión.

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

t = número de periodo en años

k = tasa de interés, inflación o devaluación

$I_0$  = inversión inicial

$V_t$  = flujo de dinero en cada periodo t

El beneficio/costo es una relación entre los costos de la puesta en marcha en comparación del beneficio que pueda obtenerse de la misma.

- $B/C > 1$  El proyecto es viable
- $B/C < 1$  El proyecto no es viable
- $B/C = 1$  La opción es indistinta



Donde:

C = costo

B = beneficio

La TIR es útil para encontrar la tasa en la cual los ingresos equivaldrán a los costos, es decir la tasa en la que el VPN referente a los gastos e ingresos es cero, su utilidad en las evaluaciones es que esta herramienta permite obtener la tasa requerida para reintegrar los montos de inversión (Samuels, 1997).

$$VPN = \frac{\sum R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

t = tiempo

i = tasas de interés o inflación

$R_t$  = flujo neto de efectivo (ingresos menos egresos)

- Fase 4: entrega final

Se elaboró una monografía de la zona 9 de Mixco, además de presentar el análisis de la alternativa que muestra el mayor beneficio a la población del casco urbano de la zona 9 de Mixco, así como a la municipalidad.



## INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades a cubrir por las municipalidades es el servicio de alumbrado público, por lo que se requiere que se asigne en el presupuesto municipal un monto destinado a ello, este servicio representa un porcentaje considerable en el presupuesto anual, por lo que la finalidad del presente trabajo es encontrar una alternativa de alumbrado público que representa una disminución de egresos del presupuesto municipal para este servicio, cada necesidad en la población representa una inversión o un gasto según sea el caso, pero para ello la municipalidad debe contar con dichos fondos, por lo que atender este servicio significa que se debe limitar en otros proyectos, para que el presupuesto sea suficiente.

La tecnología actual en el ámbito energético ha tenido avances significativos en el aprovechamiento de las energías renovables en los últimos años, específicamente en el campo de la energía solar, por ello, en el presente trabajo se desea evaluar técnica y financieramente la factibilidad de la implementación de un sistema de alumbrado público alimentado por energía solar.

Se espera que la alternativa logre disminuir el monto presupuestario destinado al alumbrado público, además promueve el uso de energías limpias y renovables, que a su vez vendría a atender uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propiamente el objetivo 7, 9 y 11 y también a las Políticas de Desarrollo del Plan Nacional K'atun 2032 en el eje "Recursos naturales hoy y para el futuro", este trabajo además brindará un panorama del Beneficio/costo que representaría el cambio a esta nueva tecnología.

Para llevar a cabo la realización de este trabajo se recurrió a una investigación de tipo cualitativa, descriptiva y documental no experimental, los datos financieros del monto presupuestario destinado al servicio de alumbrado público fueron proporcionados por la municipalidad de Mixco, se realizó una investigación documental sobre equipos de AP con alimentación solar del tipo todo en uno que se encuentren en el mercado, el análisis financiero fue realizado empleando las herramientas financieras VPN, TIR y Beneficio/costo, los datos necesarios para la realización de esta investigación son de carácter.

Este trabajo consta de 4 capítulos, en el capítulo 1 sustenta el marco teórico y referencial de esta investigación, el capítulo 2 se centra en el procesamiento de datos financieros del municipio, costos relacionados a 3 alternativas de equipos solares aptos para AP, el capítulo 3 presenta los resultados obtenidos y, por último, en el capítulo 4 se discuten los resultados, se desarrolla el análisis financiero donde se define la factibilidad económica de la propuesta planteada.

# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Energías renovables**

Son aquellas que se obtienen de alguna fuente natural, permanente, casi inagotable y que producen grandes cantidades de energía, su uso no genera ningún tipo de emisión de gases por lo que son consideradas energías limpias, para su aprovechamiento se recurre al uso de tecnologías y mecanismos especiales que convierten estos recursos energéticos naturales en energía eléctrica, mecánica, entre otros (Ossa, 2016).

## **1.2. Tipos de energías renovables**

Entre las energías renovables se pueden mencionar: eólica, solar, hidráulica, geotérmica, mareomotriz y undimotriz, cada una de estas se diferencia en su naturaleza y en el método de transformación que se requiere para aprovechar tal energía (Ossa, 2016).

### **1.2.1. Energía solar**

El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura sistema fototérmico y por conversión fotovoltaica sistema fotovoltaico

La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas

solares formadas por células fotovoltaicas de silicio o de germanio.  
(Miñarro, 2014, como se citó en Vélez y Figueroa, 2015 p. 26)

### **1.3. Características de la energía solar**

Pineda (2021) afirma:

Recurso constante, gratuito, inagotable, limpia, vital, radiación que llega a la superficie del planeta, no contamina, es una fuente energética intermitente, gran alternativa ante la quema de combustibles fósiles, es capturada mediante paneles solares fotovoltaicos.

La más desarrollada es la energía solar fotovoltaica, puede suministrar electricidad a 2 tercios de la población mundial para 2030, tiene un gran valor ambiental, ecológico y sostenible por sus beneficios para una mejor calidad de vida. (párr. 9)

### **1.4. Importancia de la energía solar**

Hoy día, el uso de energías renovables es más relevante que hace dos décadas, el Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y propiamente en el objetivo 7 se tiene como finalidad Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos, lo que

implica la necesidad de inversión en fuentes de energías limpias como la solar, eólica o termal. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012, párr. 3)

La energía solar por su naturaleza se puede aprovechar desde casi cualquier parte del planeta, lo que da una ventaja significativa en su utilización con relación a distintos tipos de energías renovables.

### **1.5. Ventajas de la energía solar**

Los principales aspectos positivos de la energía solar son: renovable, modular, con gran aplicación, respetable con el ambiente, limpia, reduce la contaminación o mitigación a problemas ambientales como el cambio climático, alternativa a los combustibles fósiles.

Proporciona electricidad, independiente, económica, fácil mantenimiento, empleo, seguridad energética, sustentable y en pro del bienestar humano. (Pineda, 2021, párr. 18).

#### **1.5.1. Radiación solar**

“Es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, en línea recta sin intervención de una materia intermedia a 300,000 km por segundo” (Ossa, 2016, p. 28).

La radiación se mide en  $\text{w/m}^2$  (watts por metro cuadrado), también se le llama irradiancia, en Guatemala el valor promedio anual de radiación solar global para todo el país es de  $5.3 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$  (Ministerio de Energía y Minas, 2018).

#### **1.5.2. Radiación directa**

Es la radiación que no sufre ningún cambio en su dirección desde el Sol, su característica es que los objetos opacos que interceptan esta radiación proyectan una sombra definida (Ossa, 2016).

#### **1.5.3. Radiación difusa**

Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos.

Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad. (Ossa, 2016, p. 29).

#### **1.5.4. Radiación albedo**

También se le conoce como radiación reflejada, la radiación de albedo incide en las superficies verticales principalmente, del coeficiente de reflectancia de las superficies adyacentes a los paneles solares depende la cantidad de radiación albedo que se recibe (Ossa, 2016).



## **1.6. Sistemas de iluminación**

Alvarado y Jaramillo (s.f.) afirman:

Los sistemas de iluminación se clasifican en dos grupos: los convencionales y los no convencionales.

Tanto los sistemas convencionales como los no convencionales se pueden alimentar de la red doméstica de abastecimiento de energía eléctrica, pero los sistemas no convencionales son especialmente interesantes para alimentarse con energía proveniente de fuentes renovables. (p. 1).

### **1.6.1. Alumbrado público con paneles solares**

El avance de la ciencia ha posibilitado la adaptabilidad y dinamismo del alumbrado público y vial. Hoy en día no se le ve como un sistema que simplemente ilumina y brinda seguridad, pues se le ha dado la importancia como un factor elemental en el paisaje y desarrollo urbano, ya que se han aprovechado las ventajas estéticas y energéticas que brindan las luminarias de nuestra época. (LEDSOLAR, s.f., p. 9).

Las soluciones tecnológicas que actualmente se encuentran en el mercado van desde sistemas autónomos es decir que todos sus componentes están integrados en un solo aparato y sistemas que requieren estar conectados a una

red de cableado eléctrico que se alimenta de un sistema de paneles solares ubicados en otro lugar, este último es más elaborado, ya que requiere de disponer de un predio lo suficientemente amplio para albergar la cantidad necesaria de paneles solares, un punto a su favor es que es más sencilla las sustituciones de los elementos dañados o para su mantenimiento dado el fácil acceso a sus componentes, mientras que los sistemas autónomos al tener integrado todo en uno, la sustitución de sus piezas es un poco más elaborada, no obstante cualquiera de las dos posee gran variedad de repuestos.

#### **1.6.1.1. Qué es un panel solar**

El panel foto voltaico se caracteriza por tener una gran cantidad de células conectadas eléctricamente entre sí, algunas van conectadas tanto paralelo y otras en serie de modo que la tensión corriente almacenada y suministrada incrementa hasta el valor deseado. (Coloma, 2018, párr. 15)

Según Fernández (2009):

Las placas solares fotovoltaicas se basan en dos obleas o láminas con materiales semiconductores.

Ambas utilizan unos elementos químicos, denominados dopantes, que fuerzan a una de las planchas a tener un exceso de electrones (carga negativa, N) y a la otra, a una falta de estos (carga positiva, P).

Esta unión P-N genera un campo eléctrico con una barrera de potencial que impide que se trasvasen electrones entre las planchas.

Cuando se expone esta unión P-N a la radiación solar, los fotones de la luz transmiten su energía a los electrones.

Con este aporte, rompen la barrera de potencial y salen del semiconductor por un circuito exterior, de manera que se produce corriente eléctrica. Las placas fotovoltaicas se componen de células, el módulo más pequeño capaz de producir electricidad” (, párr. 2).

#### **1.6.1.2. Sistemas de baterías**

Las baterías poseen un sistema interno el cual sirve para que se produzca la carga de energía dentro de la batería, Blog TECNOSOL (2016) afirma que: “Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas debidas a su carga y su descarga” (párr. 3).

- **Capacidad de las baterías**

La capacidad se mide utilizando la unidad de medida de amperios/hora (Ah), “La capacidad de una batería es la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería con carga completa” (Echavarría y Rojas, 2019, p. 27).

- Profundidad de descarga de las baterías

Blog TECNOSOL (2016) afirma:

Se denomina así al cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal, en tanto por ciento.

Por ejemplo, una batería de 250 Ah que se ha sometido a una descarga de 100 Ah, esto significa que la profundidad de descarga que se la sometido es del 40 % del total de la batería. (párr. 7).

- Vida útil de la batería

Echavarría y Rojas (2019) afirman: “Esta se mide en ciclos de carga. La vida de una batería es proporcional la profundidad de descarga habitual” (p. 28).

Blog TECNOSOL (2016) afirma que:

Una batería monoblock que tenga vida útil de 180 ciclos a una profundidad de descarga del 80 %, si las descargas se reducen a un 30 % la vida útil de esa misma batería aumentará a más de 1000 ciclos. (p. 8)

### **1.6.1.3. Tipos de batería**

A continuación, se describen algunos tipos de baterías empleadas en sistemas de paneles solares:

- Tipo monoblock: se emplean en instalaciones de poca envergadura y que no requieran alimentar ningún tipo de motor, son especialmente apreciadas por ser baratas.
- De ciclo profundo: son especialmente utilizadas en instalaciones con uso medio y de manera diaria, son muy parecidas a las de tipo monoblock con la diferencia en su capacidad y tamaño, soportan mayor cantidad de ciclos sin dañar su sistema y tienen una vida promedio de entre 6 y 7 años.
- Baterías AGM: también se les conoce como sin mantenimiento ya que poseen inmovilizado el electrolito y los gases se regulan con válvulas que evitan pérdidas, tienen una profundidad de descarga mayor a las baterías de tipo monoblock, su uso es perfecto en instalaciones pequeñas ya que estas tienen la desventaja de poseer un costo elevado en su mantenimiento (Blog TECNOSOL, 2016).
- Baterías estacionarias: este tipo de baterías se emplean donde se requiera que posean una larga vida útil, se emplean en lugares donde se requiera uso diario por largos periodos.
- Baterías de litio: presentan la desventaja que su costo es mayor, pero presentan las ventajas de ser de menor tamaño, menor peso, menor tiempo de carga y no hay emisión de gases en su funcionamiento. (Echavarría y Rojas, 2019).

#### **1.6.1.4. Iluminación**

La historia enseña que el ser humano ha sido capaz de dominar la oscuridad con el uso de luminarias, las cuales han ido evolucionando

tecnológicamente al paso de los años, siendo la más actual la iluminación con tecnología led que posee un bajo consumo de energía y que tienen mayor vida útil comparada con sus predecesoras, para el presente trabajo se consideraran luminarias del tipo led.

#### **1.6.1.5. Tipos de luminarias solares**

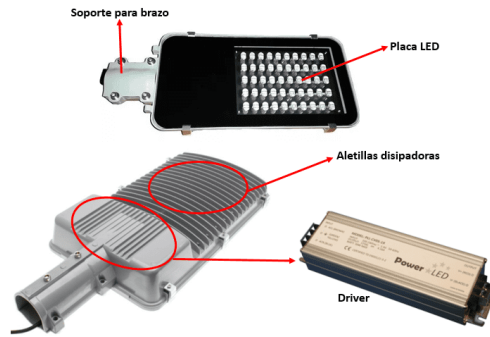
Básicamente existen dos tipos de luminarias solares las de tipo independiente y las centralizadas, siendo su forma de conexión, capacidad de batería, lúmenes, entre otras características las que las diferencian entre ellas (LBA Industrial, 2018).

- **Luminarias independientes**

Son conocidas como todo en uno, donde el equipo tiene todos sus componentes instalados en un solo aparato, “las luminarias solares independientes tienen paneles fotovoltaicos montados en la estructura. Cada poste de luz tiene sus propios paneles y es independiente a las otras lámparas” (LBA industrial, 2018, párr. 7).

## Figura 1.

### *Luminaria tipo independiente todo en uno*



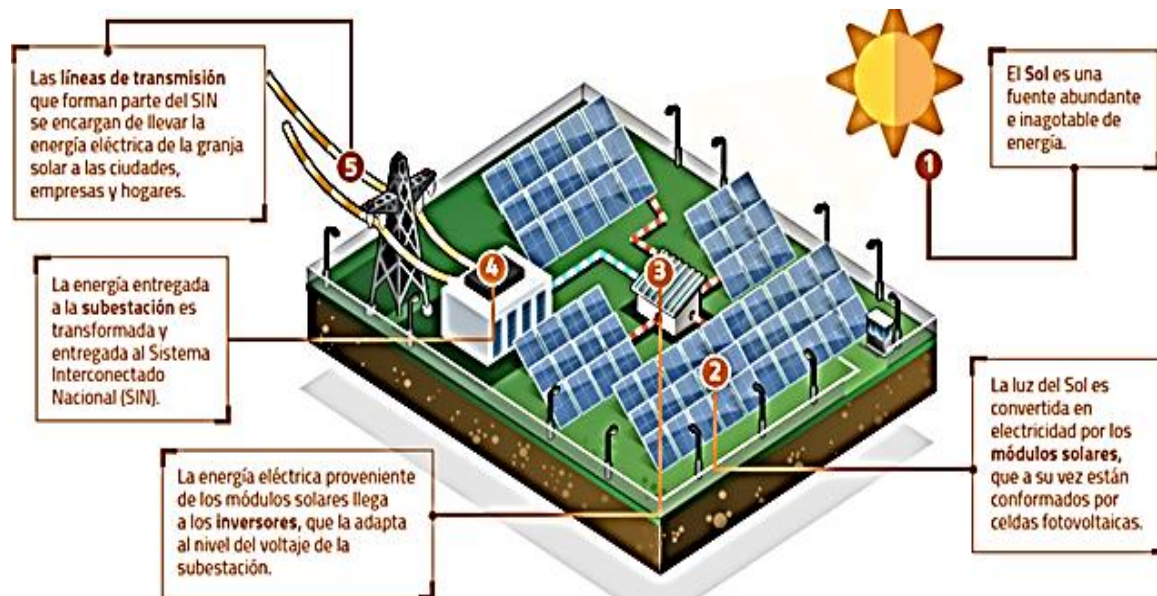
*Nota.* La figura muestra la partes de un panel solar. Obtenido de Dumlux. (2019). *Alumbrado público led*. (<https://dumlux.com/blog/97-alumbrado-publico-led-debes-saber>), consultado el 14 de enero de 2023. De dominio público.

- Luminarias centralizadas

Tienen sus otros componentes en otro lugar destinado a la transformación de energía solar a fotovoltaica y todas las luminarias se conectan por medio de un cableado proveniente desde la fuente de poder central, “en este tipo, los paneles fotovoltaicos para un grupo de luminarias están montados por separado. Todas las luces de un grupo particular están conectadas a una fuente de poder central” (LBA industrial, 2018, p. 8).

**Figura 2.**

*Luminarias centralizadas*



*Nota.* Fases de la energía solar. Obtenido de Energía Solar Fotovoltaica. (2014). *Luminarias centralizadas*. (<https://sites.google.com/site/energisolrfotovoltaica/>), consultado el 14 de enero de 2023. De dominio público.

#### **1.6.1.6. Cantidad de luz apropiada**

La iluminación en vialidades debe ser suficiente para que los obstáculos sean visibles cuando se transita, por lo tanto, el equipo seleccionado debe proporcionar una cantidad de luz, la cual se mide en lúmenes (Lm), que provea la cantidad necesaria para tal fin, y un lux es igual a un lumen/m<sup>2</sup> (Guerrero, Ruvalcaba y Vásquez, 2016).

En Guatemala no hay un normativo que regule la cantidad de iluminación adecuada para el servicio de alumbrado público, sin embargo, la iluminación necesaria para áreas públicas para esta investigación se basó en la tabla VII.



**Tabla 7.**

*Iluminación apropiada*

Clasificación	Iluminación promedio (luxes)	Uniformidad General Uo (%)
Canchas deportivas	50	45
Boulevard	60	45
Piletas	40	40
Andenes y camineras	30	40
Parques	30	40
Área de juegos	30	40
Área de gimnasio municipal	30	40
Área de descanso	25	40

*Nota.* La tabla muestra una iluminación apropiada. Obtenido de C. Coloma. (2018). *Análisis de factibilidad de paneles solares fotovoltaicos en el parque alborada décima Etapa y álamos.* (p. 46). [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional.

#### **1.6.1.7. Intensidad de luz**

Su unidad de medida es la candela (Cd), Guerrero, Ruvalcaba y Vásquez (2016), afirman que “una candela es un lumen por estereorradián y se denota con la letra I” (p. 14).

#### **1.6.1.8. Características generales de los equipos con paneles solares**

Los equipos independientes del tipo todo en uno deben tener una autonomía entre 3 a 5 días sin recibir radiación solar, esto es para evitar que un evento que dificulte un cielo despejado no perjudique la iluminación nocturna,

deben contar con una carcasa que sea resistente a las condiciones climáticas y contar con puntos de fijación (Castillo, 2019).

#### **1.6.1.9. Ventajas**

Según Echavarría y Rojas (2019):

- Al ser autosuficientes no requiere energía eléctrica local, se recargan con la luz solar durante el día, resultando en la reducción de costo de alumbrado público por consumo de energía eléctrica.
- Requieren menor mantenimiento: ya que tienen menores posibilidades de sobrecalentamiento por malas conexiones, calidad en el suministro de energía, fallas eléctricas que sí pueden generar las luminarias convencionales.
- Estos sistemas son respetuosos con el ambiente ya que dependen exclusivamente de la energía radiada por el sol, eliminando su contribución a las huellas de carbono.
- Fácil instalación, soluciones completas con componentes listos para usar, ya que no requiere de cableado ni punto eléctrico para conexiones.

- Se puede instalar en zonas alejadas no interconectadas, lo que la hace una solución más eficiente y útil a los problemas de iluminación.
- Ciclo de vida de los módulos de iluminación es mayor a los de las fuentes convencionales. (p. 25)

#### **1.6.1.10. Desventajas**

Según Echavarría y Rojas (2019):

- Requieren una inversión inicial alta en comparación con luminarias de AP convencionales.
- Es susceptible a la variabilidad del recurso por condiciones meteorológicas, lo cual afecta directamente al proceso de recarga.
- Su fácil montaje y desmonte y el costo de estas las hace susceptibles a hurto o vandalismo.
- El sistema de baterías debe ser reemplazado periódicamente, por lo cual se debe incluir dentro del costo de mantenimiento dentro del ciclo de vida útil de la luminaria.

- El polvo, la humedad se acumulan en los paneles por lo que hay que limpiarlos periódicamente. (p. 25)

## **1.7. Marco legal**

A continuación, se presentan las leyes, normas y tratados que sustentan el presente trabajo relacionado al uso de energías renovables.

### **1.7.1. Ley General de Electricidad**

El Decreto 93-96 indica en su artículo 1 e inciso a que “es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país” (Decreto 93-96, 1996, p. 2).

### **1.7.2. Desarrollo sostenible**

Guatemala se ha comprometido a involucrarse en el uso de energía renovable, lo que se expresa en el eje de la política pública *Recursos naturales hoy y para el futuro*. “Hasta ahora, el costo de la energía no está considerado dentro de la canasta básica; tampoco lo están otras consideraciones asociadas con el uso de energías limpias o renovables, que permitan disminuir la presión sobre los recursos naturales” (Umaña, 2014, p. 264).

### **1.7.3. Protocolo de Kioto**

Para Vélez y Figueroa (2015):

La principal característica del Protocolo es que tiene objetivos obligatorios relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero para las principales economías mundiales que lo hayan aceptado.

Estos objetivos van desde -8 % hasta +10 % del nivel de emisión de los diferentes países en 1999.

Con miras a reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5 % al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

En casi todos los casos, incluso en los que se ha fijado un objetivo de +10 % de los niveles de 1990, los límites exigen importantes reducciones de las emisiones actualmente proyectadas.

Se prevé el establecimiento de objetivos obligatorios futuros para los períodos de compromiso posteriores a 2012, estos se negociarán con suficiente antelación con respecto a los períodos afectados. (p. 35)

#### **1.7.4. Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas**

También conocidos como objetivos mundiales, se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s. f., p. 1)

“Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad medioambiental, económica y social” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s. f., p. 2).

##### **1.7.4.1. Objetivo 7: garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos**

Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios de energía asequibles, confiables y modernos.

Para 2030, aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía.

Para 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s.f., párr. 1-3).

**1.7.4.2.      Objetivo 9:    construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar innovación**

Las inversiones en infraestructura (transporte, riego, energía y tecnología de la información y las comunicaciones) son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible y empoderar a las comunidades en numerosos países.

El ritmo de crecimiento y urbanización también está generando la necesidad de contar con nuevas inversiones en infraestructuras sostenibles que permitirán a las ciudades ser más resistentes al cambio climático e impulsar el crecimiento económico y la estabilidad social. (Naciones Unidas, 2018, p. 43)

**1.7.4.3.      Objetivo 11: lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles**

Los problemas comunes de las ciudades son la congestión, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura.

Los problemas que enfrentan las ciudades se pueden vencer de manera que les permita seguir prosperando y creciendo, y al mismo tiempo aprovechar mejor los recursos y reducir la contaminación y la pobreza. (Naciones Unidas, 2018, p. 51)

**1.7.5.      Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable**

En Guatemala se decretó la *Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable* cuyo objetivo es promover el uso de energías renovables, con ello se pretende mejorar la calidad del ambiente de Guatemala, por otro lado, también busca lograr el interés de inversionistas cuyas actividades involucren el aprovechamiento de energías renovables (Ortíz, 2003).

Urgencia e interés nacional. Se declara de urgencia e interés nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables. El órgano competente estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones



adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con ese fin.  
(Ortíz, 2003, art. 1).

El incentivo para las municipalidades es la exención de impuestos como el Impuesto Sobre la Renta y el Impuesto sobre el Valor Agregado como se indica en el artículo 5, estas exenciones tendrán un periodo de 10 años como máximo (Ortíz, 2003).

#### **1.7.6. Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable**

El Acuerdo Gubernativo N.º 211-2005 es el instrumento que viene a normar el Decreto 52-2003, se detalla todo lo relacionado al proceso para desarrollar proyectos que empleen energías renovables.

En el artículo 1 se menciona que:

Tiene por objeto desarrollar los preceptos normativos de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable y asegurar las condiciones adecuadas para la calificación y aplicación concreta de los incentivos establecidos en la indicada Ley. (Acuerdo Gubernativo número 211-2005, 2005, art. 1).

#### **1.7.7. Sistema Nacional de Planificación**

La Segeplán como órgano de planificación del Estado, es responsable de apoyar en la formulación, gestión, monitoreo y evaluación de la política

general de desarrollo del país, mediante los procesos de planificación para lo cual debe facilitar los mecanismos, instrumentos metodológicos y la asistencia técnica a todas las instituciones de la administración pública.

De acuerdo al planteamiento del Sistema Nacional de Planificación (SNP), se busca la integración y armonización de la planificación en los diferentes niveles: nacional, regional, departamental y municipal. No obstante, cada uno debe responder a sus competencias e intervenciones, así como, orientarse hacia la consecución de los resultados planteados como prioridades de país para lograr los cambios en las condiciones de vida de la población guatemalteca. (SEGEPLAN, 2016, p.5)

#### **1.7.8. Código Municipal**

Es la base legal que ampara las atribuciones que cada municipio debe desempeñar a través de su gobierno municipal, además contiene las ordenanzas y principios constitucionales referentes a la organización, administración y gobierno de los municipios, así como de sus obligaciones.

Cada municipio tiene autonomía para disponer de sus recursos y patrimonio, así como la administración de los intereses que le sean convenientes en su circunscripción, además esta autonomía viene con la responsabilidad de “atender los servicios públicos locales” (Decreto 12-2002, 2002, art. 3).

Le corresponde al Concejo Municipal ejercer el gobierno municipal, emitir reglamentos internos, así como ordenanzas que propicien una buena administración como lo indican los artículos 33 y 34, de igual manera en el inciso e del artículo 35 indica que debe evaluar el desempeño de los servicios públicos, también en el inciso f se indica que le corresponde la aprobación del presupuesto acorde al presupuesto considerando los intereses públicos.

#### **1.7.8.1. Competencias municipales**

El artículo 5 indica “los municipios y otras entidades locales sirven a los intereses públicos que les están encomendados y actúan de acuerdo con los principios de eficacia, eficiencia, descentralización, desconcentración y participación comunitaria, con observancia del ordenamiento jurídico aplicable” (Decreto 12-2002, 2002, art. 5).

En el artículo 6 del Código Municipal se indica que las competencias pueden ser propias y atribuidas, el artículo 68 detalla las competencias propias, las cuales son inherentes al municipio, que serán atendidas por: el propio municipio si este tiene la capacidad de hacerlo solo, por dos o más municipios o bien en mancomunidad a fin de atender las necesidades de los vecinos y en artículo 70 se abordan las competencias atribuidas, las cuales le son delegadas por el gobierno central de acuerdo con su capacidad y como resultado de descentralización y cercamiento de los servicios públicos a la población.

#### **1.7.8.2. Servicios Públicos Municipales, su operación, mantenimiento y financiamiento**

El Código Municipal indica en el artículo 68 inciso A al I que la prestación de servicios básicos deben ser atendidos por el municipio ya sea de forma

individual o en mancomunidad con otros municipios, además tiene la potestad de regular la prestación de los servicios en la circunscripción del municipio, ya sea ampliándolos, mejorándolos o estableciendo nuevas competencias municipales, busca que la cobertura de los servicios públicos funcionen de manera óptima y continua como se indica en el artículo 72 indica que las municipalidades pueden establecer tasas y contribuciones equitativas y justas, con el recaudo se financiará los proyectos, considerando que dichos montos contemplen los gastos de operación, mejora y mantenimiento de los servicios públicos.

Además, se indica que la municipalidad deberá tener una unidad financiera la cual deberá contar como mínimo con las áreas de tesorería, contabilidad y presupuesto, la municipalidad administra por medio de dependencias, unidades específicas y empresas públicas la prestación de servicios públicos como lo indica el artículo 73 y de ser necesario concesionar los servicios en caso no pueda atender algún servicio ya sea por falta de equipo o personal calificado para la prestación de este amparado en el artículo 74.

De igual manera, si algún servicio municipal presenta deficiencias es obligación del Concejo Municipal o del alcalde ir a verificar y comprobar la existencia de estas y resolverlas como se indica en el artículo 78.

### **1.7.8.3. Fuentes de ingreso de un municipio**

El artículo 100 del Código municipal del inciso a al s establece las distintas formas en que el municipio puede hacerse de recursos financieros como por ejemplo por donaciones, ingresos provenientes de préstamos y empréstitos, obtenidos del cobro de arbitrios, rentas, contribuciones por mejoras, impuestos recaudados derivado de las competencias atribuidas, empresas municipales y

servicios, y cualquiera que sea determinado por ley o según acuerdos y demás normas municipales.

#### **1.7.9. Plan Estratégico Institucional - PEI**

Instrumento que tiene como objetivo “facilitar el proceso metodológico de planificación de las municipalidades, procurando establecer una secuencia lógica derivada de la planificación nacional que responda a las necesidades de los territorios y expresado en el instrumento de gestión de los gobiernos locales” (SEGEPLAN, 2016, p. 1).

Acá se incluyen los planes a mediano y largo plazo, así como de los respectivos indicadores de seguimiento de las acciones a tomar dirigidos a los resultados proyectados.

#### **1.7.10. Plan Operativo Anual - POA**

Expresa la programación de las acciones y proyectos municipales, así como la asignación de recursos, basados en la priorización establecida en el PEI para los próximos cuatro años. La programación y la asignación de recursos para los productos (bienes y servicios) e intervenciones, se realiza por año, para lo cual deberá tomarse en cuenta diferentes criterios según sea la naturaleza de la institución y el tipo de bienes y servicios que presta, así como de la temporalidad en que es necesario aportar o incrementar la prestación de determinado bien o servicio. (SEGEPLAN, 2016, p. 11)

#### **1.7.11. Plan Operativo Multianual – POM**

Se materializa por medio del Plan Operativo Anual (POA), el cual es un instrumento de gestión operativa que plantea la programación de los productos institucionales (bienes y/o servicios) de competencias propias o las intervenciones que responden a las competencias delegadas, derivado de la planificación y programación Multianual (POM) y que se realizarán durante el período fiscal de un año, en concordancia con los resultados de País, las políticas y otros planes según corresponda a la municipalidad. (SEGEPLAN, 2016, p. 11)

#### **1.7.12. Ley de Contrataciones del Estado**

El Decreto 57-92 establece las normas sobre la adquisición y venta de bienes, contratación de servicios y compra de suministros, así como cualquier otra modalidad de adquisición pública se requiera para la puesta en marcha de sus proyectos así también como de sus prohibiciones, para el efecto cada municipalidad deberá registrar en GUATECOMPRAS los bienes adquiridos.

El artículo 9 indica que cuando el monto exceda de Q. 900,000.00 la autorización del presupuesto debe ser dada por el Concejo Municipal, además se requiere que la modalidad sea bajo régimen de cotización o de licitación, adicionalmente el artículo 5 indica que los bienes pueden ser importados cuando:

“El valor en cada caso no exceda del monto establecido para adquisiciones por el régimen de cotización” (Decreto 57-92, 1992, art. 5, inc. a).

“No se produzcan en el país, o se produzcan en cantidad insuficiente para la necesidad respectiva” (Decreto 57-92, 1992, art. 5, inc. b).

No haya existencia de procedencia importada, ni representantes de proveedores o distribuidores debidamente acreditados en el mercado nacional, o que, habiéndolos, el precio de importarlos directamente, incluyendo derechos aduanales, impuestos, seguros, pasajes, viáticos y demás gastos atribuibles, sea más bajo que el que tengan los mismos bienes en el mercado nacional. (Decreto 57-92, 1992, art. 5, inc. c).

En la modalidad de cotización se considera lo siguiente:

- Se realiza por medio de un evento competitivo.
- Monto de Q. 90,000.01 hasta Q. 900,000.00 para las municipalidades.
- Requiere de la presentación de ofertas en forma física y electrónica.
- Requiere de una Junta de Cotización, misma que será nombrada por la Autoridad Administrativa Superior.
- Entre la convocatoria y la recepción de ofertas deben mediar por lo menos 8 días hábiles.
- Requiere contrato.

#### **1.8. Marco geográfico**

A continuación, se describen las características topográficas e históricas del área de estudio.

### **1.8.1. Descripción de la zona 9 de Mixco**

Su topografía presenta un 69 % de área con pendientes mayores al 15 %, su extensión se conforma de 7 colonias, 1 aldea y una finca.

Actualmente existen los equipamientos básicos para la población: tales como equipamiento de educación, de salud, estación de policía, entre otros. Según el Plan de Ordenamiento Territorial de Mixco, zona 9. El 58 % de la población son trabajadores no calificados, dedicados a ser operarios, artesanos, vendedores o relacionados con el comercio. (Sánchez, 2020, p. 6)

### **1.8.2. Historia de la zona 9 de Mixco**

Su formación data de los años 70, su población aumentó considerablemente en el año 2015, ya que 252 familias fueron reubicadas en la localidad, dichas familias provenían de las colonias: Los Magueyes, La Asunción, Los Olivos, entre otras, las cuales fueron declaradas inhabitables debido a un alto riesgo de deslizamiento en el año 2012 (Sánchez, 2020).

### **1.8.3. Localización**

Se localiza en la parte sur oeste del municipio de Mixco, en las coordenadas: 14°35'12"N, 90°36'25"W.



#### **1.8.4. Vías de acceso**

La única ruta de acceso es por la carretera CA-1 km 19.4 en sentido a la ciudad capital.

#### **1.8.5. Colindancias**

Colinda al Sureste con la aldea Choacorrall perteneciente al municipio de San Lucas Sacatepéquez, al Sur y Oeste con la zona 8 de Mixco y al Norte con la zona 1 de Mixco.

**Figura 3.**

*Mapa del municipio de Mixco*



*Nota.* El mapa muestra la extensión y división territorial de Mixco. Obtenido de MuniMixco. (s.f.) *Plan de ordenamiento territorial.* (<https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/ZONA-9.pdf>), consultado el 22 de febrero de 2023. De dominio público.

## **1.9. Marco financiero**

A continuación, se describen los conceptos financieros empleados para la realización del presente trabajo.

### **1.9.1. Valor Presente Neto**

“Consiste en transformar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente (hoy), los valores futuros” (Samuels, 1997, p. 21).

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$t$  = número de periodo en años

$k$  = tasa de interés, inflación o devaluación

$I_0$  = inversión inicial

$V_t$  = flujo de dinero en cada periodo  $t$

### **1.9.2. Beneficio/costo**

“Es determinar la relación de beneficios a costos, generalmente se aplica para inversiones públicas” (Samuels, 1997, p. 21).

“Cuando se desea alcanzar un objetivo específico, y este puede ser alcanzado con varios proyectos alternativos que tienen diferentes costos y alcanzan diferentes beneficios se puede emplear la metodología de Beneficio/costo” (Samuels, 1997, p. 47).

- $B/C > 1$  el proyecto es viable
- $B/C < 1$  el proyecto no es viable
- $B/C = 1$  la opción es indistinta

Donde:

C = costo

B = beneficio

### 1.9.3. Tasa Interna de Retorno TIR

Esta herramienta financiera es útil para encontrar la tasa en la cual los ingresos equivaldrán a los costos, es decir la tasa en la que el VPN referente a los gastos e ingresos es cero, su utilidad en las evaluaciones es que esta herramienta permite obtener la tasa requerida para reintegrar los montos de inversión (Samuels, 1997).

$$VPN = \frac{\sum R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

t = tiempo

i = tasas de interés

$R_t$  = flujo neto de efectivo (ingresos menos egresos)

## **2. RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **2.1. Análisis financiero del presupuesto designado al alumbrado público en zona 9 de Mixco, municipio de Guatemala**

El municipio de Mixco asignó un monto total para el mantenimiento y servicio de alumbrado público Q. 143,869,845.73, comprendido en los años de 2016 al 2020, sin embargo, se ejecutó Q. 104,262,809.43, solo para el año 2020 se asignó un monto de Q. 60,366,044.82, año en el cual se realizó la mayor asignación en el rubro de alumbrado público y mantenimiento, de esto se ejecutó Q. 40,859,158.12.

Los montos asignados se utilizan básicamente para solventar el pago del servicio de energía eléctrica y para el mantenimiento del sistema, pero únicamente cuando falla alguna luminaria, ya sea porque la lámpara cumplió su tiempo de vida o bien algún desperfecto eléctrico que supone un daño a la luminaria, por tal razón si no existen daños en el sistema no se emplea en su totalidad el monto asignado.

Es importante notar que la municipalidad de Mixco no hace una separación financiera de la asignación para el pago del suministro de energía eléctrica para el servicio de alumbrado público y el mantenimiento de las luminarias por zona, esto se indica en el Oficio No.234-2021-PRESU (ver apéndice 1).

**Tabla 8.**

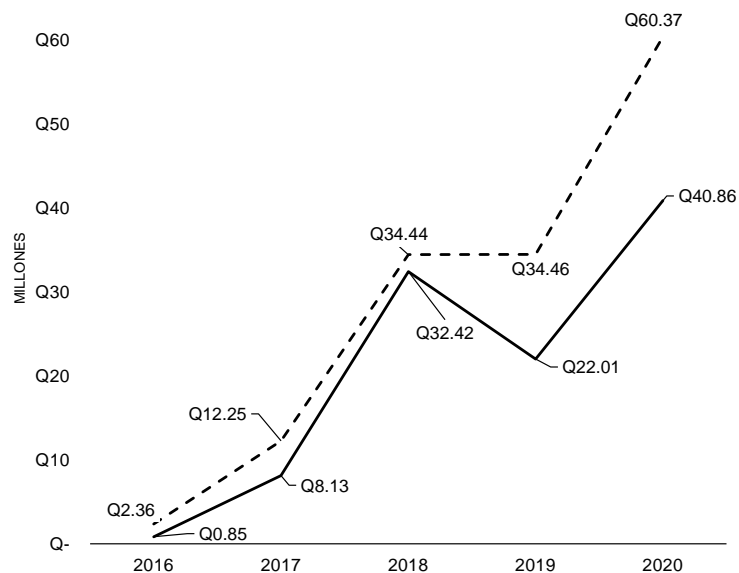
*Presupuesto del servicio de alumbrado público años 2016-2020*

Año	Monto asignado	Monto ejecutado
2016	Q. 2,356,427.51	Q. 848,302.33
2017	Q. 12,254,908.42	Q. 8,126,432.70
2018	Q. 34,436,898.69	Q. 32,416,847.26
2019	Q. 34,455,566.29	Q. 22,012,069.02
2020	Q. 60,366,044.82	Q. 40,859,158.12

*Nota.* Se describe la asignación y ejecución presupuestaria del servicio de alumbrado público, años 2016-2020. Dirección Financiera Departamento de Presupuesto. (2021). *Oficio No. 234-2021-PRESU*. Municipalidad de Mixco.

**Figura 4.**

*Monto gastado por concepto de servicio y mantenimiento de AP*



*Nota.* La gráfica muestra el incremento anual de gastos por el mantenimiento del AP. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la figura 11 podemos observar que el municipio en el año 2016 asignó un monto considerablemente bajo para el servicio de AP de Q. 2.36 millones, para 2017 se incrementó el monto en 80.73 % respecto a 2016 asignando Q12.25 millones, en 2018 se incrementó en un 64.43 % respecto a 2017 asignando ese año un monto de Q. 34.44 millones, en 2019 se incrementó un 0.05 % respecto al 2018 y por último en el año 2020 la asignación se incrementó un 42.92 % respecto al año 2019, se observa que en tan solo 5 años que la asignación al servicio de AP aumentó un 96.09 %.

En cambio, la ejecución presupuestaria por este servicio muestra que las asignaciones no fueron alcanzadas, y para el año 2020 se observaba que se ejecutó tan solo un 67.68 % del monto destinado a este servicio en ese año.

### 2.1.1. Presupuesto asignado al alumbrado público

En 2020 no se ejecutó Q. 19,506,886.70, la asignación anual es general e incluye el mantenimiento, es decir cubre todo el municipio.

**Tabla 9.**

*Monto destinado al alumbrado público*

<b>Año</b>	<b>Monto ejecutado</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Tipo de luminaria</b>
2016	Q. 848,302.33	No especificado	Led, fluorescente, sodio, mercurio, halógena
2017	Q. 8,126,432.70	No especificado	Led, fluorescente, sodio, mercurio, halógena
2018	Q. 32,416,847.26	No especificado	Led, fluorescente, sodio, mercurio, halógena
2019	Q. 22,012,069.02	No especificado	Led, fluorescente, sodio, mercurio, halógena

Continuación de la tabla 9.

<b>Año</b>	<b>Monto ejecutado</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Tipo de luminaria</b>
2020	Q. 40,859,158.12	No especificado	Led, fluorescente, sodio, mercurio, halógena

*Nota.* La tabla describe los montos destinados para el AP. Elaboración propia, realizado con Excel.

### **Tabla 10.**

#### *Luminarias en zona 9 de Mixco*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Led 20W	3
Led 30W	4
Led 40W	2
Led 50W	2
Fluorescente 35W	5
Sodio – 100W	614
Sodio – 250W	108
Sodio – 400W	19
Mercurio – 175W	2
Mercurio – 400W	2
Halógena – 1000	6
<b>Total</b>	<b>761</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la cantidad de luminarias que hay instaladas en la zona 9 de Mixco. Dirección Financiera Departamento de Presupuesto. (2021). *Oficio No. 234-2021-PRESU.* Municipalidad de Mixco.

Dado que la municipalidad no tiene desglosado el costo del servicio por zonas como se indica en el Oficio No.234-2021-PRESU, se considera el monto del año 2020 dividido por el total de luminarias en el municipio para estimar el



costo por luminaria, el monto obtenido representa el costo por el servicio de energía eléctrica anual por luminaria incluyendo el mantenimiento para cada una, la cantidad de luminarias en todo el municipio según se indica en el último conteo realizado en el periodo del 20 de mayo al 20 diciembre fue de 26,031 unidades de distintos tipos como se indica en la tabla XI.

**Tabla 11.**

*Luminarias en el municipio de Mixco*

Tipo de Luminaria	Zona											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Led – 10W	0	0	7	8	0	0	17	3	0	0	5	40
Led -15W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Led – 20W	2	0	0	2	0	0	10	3	3	0	1	21
Led – 25W	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Led – 30W	28	0	0	3	0	1	2	0	4	0	3	41
Led – 40W	39	3	8	5	1	47	48	59	2	14	3	229
Led – 50W	5	2	0	69	0	12	4	18	2	4	4	120
Led – 60W	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Led – 100W	1	2	4	21	0	11	9	4	0	0	2	54
Led -134W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Led – 150W	0	0	33	8	0	3	7	2	0	0	1	54
<b>Fluorescente</b>												
35W	0	1	0	0	0	0	1	0	5	0	4	11
<b>Fluorescente</b>												
65W	1	0	0	68	0	0	0	2	0	0	0	71
<b>Fluorescente</b>												
85W	1	1	0	0	0	1	1	7	0	0	0	11
<b>Fluorescente</b>												
105W	1	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	11
Sodio – 70W	48	0	1	26	2	21	3	10	0	1	1	113
Sodio – 100W	1,679	665	719	1,801	587	2,811	1,584	2,824	614	1,493	1,561	16,338
Sodio – 150W	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
Sodio – 250W	556	229	178	938	367	1,357	359	1,235	108	368	308	6003

Continuación de la tabla 11.

Tipo de Luminaria	Zona											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Sodio – 400W</b>	445	173	118	335	56	234	145	246	19	42	94	1907
<b>Sodio – 1000W</b>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>Mercurio – 175W</b>	152	7	5	14	3	49	31	48	2	6	28	345
<b>Mercurio – 400W</b>	0	0	4	11	0	1	0	2	2	4	0	24
<b>Mercurio – 1000W</b>	2	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	14
<b>Halógena – 1000W</b>	8	2	2	2	0	5	8	0	0	0	0	27
<b>Cámara</b>	23	6	9	30	2	54	10	34	0	0	2	170
<b>Cronómetro</b>	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>Direccional</b>	1	17	0	27	0	0	0	31	0	0	0	76
<b>Mupi</b>	25	27	41	45	0	1	9	75	0	0	5	228
<b>Semáforo</b>	0	9	23	48	0	0	10	9	0	0	0	99
<b>Trans urbano</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	3,02	1,14	1,15	3,46	1,01	4,60	2,27	4,62	76	1,93	2,02	<b>26,03</b>
<b>Total</b>	2	4	5	9	9	8	5	2	1	2	4	<b>1</b>

*Nota.* En la tabla se muestra la cantidad de luminarias que hay instaladas en la zona 9 de Mixco. Departamento de Infraestructura, Municipalidad de Mixco. (2022). *Inventario del alumbrado público del municipio de Mixco – Oficio No. 0200-2022/DI/WY/dp.*

Partiendo de los datos conocidos se obtiene el costo anual estimado por luminaria:

$$\frac{Q \ 40,859,158.12}{26,031} = Q \ 1,569.64$$

Siendo entonces el valor estimado por cada luminaria Q1,569.64, este valor representa el costo del servicio como de mantenimiento anual por luminaria del año 2020, entonces el monto anual destinado en 2020 al servicio de AP en la zona 9 de Mixco fue:

$$761 \times Q1,569.64 = Q. 1,194,496.04$$

Dado que de los años anteriores no se tiene un registro de luminarias por año sino solo del conteo actual, se tomará este valor como comparativa en la estimación del ahorro del servicio de AP para el análisis financiero, siendo entonces Q. 1,194,496.04 el costo anual que se paga por este servicio.

### **2.1.2. Mantenimiento del sistema de alumbrado público**

El municipio maneja el mantenimiento de manera reactiva en el sistema de AP actual, es decir, no existe de momento algún programa de mantenimiento preventivo ni de revisión de lámparas como rutina para establecer el estado de las mismas, de igual manera no tiene un registro contable del monto destinado al mantenimiento del sistema como se indica en el Oficio No.234-2021-PRESU, en cambio, para los sistemas de AP con alimentación solar se recomienda que por lo menos se le de mantenimiento preventivo a las unidades 2 veces al año, es decir cada 6 meses como mínimo, este mantenimiento consiste en la limpieza de los paneles solares con alcohol isopropílico y un paño suave para eliminar los sedimentos y una inspección visual de la carcasa del equipo para verificar la hermeticidad del equipo así como de los puntos de anclaje que con la vibración pudiera aflojarse.

Cuando las luminarias solares se encuentran en ambientes donde están expuestos a polvo en el ambiente se recomienda que el mantenimiento se realice

por lo menos cada 3 meses, esto debido a que la acumulación de polvo en el panel afecta directamente la capacidad de transformación de la energía solar, volviendo más lenta la recarga de las baterías, por lo tanto, la autonomía se ve mermada si no se atiende este escenario adecuadamente.

### **2.1.3. Equipos disponibles en el mercado**

En el mercado existe una extensa gama de precios y características que los equipos solares pueden conseguirse, se analizaron tres equipos considerados aptos para el alumbrado público, cuyos precios estarán en función de sus características, siendo dos opciones cotizadas en China y la última en una empresa nacional la cual importa este tipo de luminarias, estas empresas son:

- Alternativa 1 – Shanghai CHZ Lighting Co., Ltd.
- Alternativa 2 – Guangzhou Best Electronic Technology Co., Ltd.
- Alternativa 3 – Liki (Rama de iluminación de Altecsa, Guatemala)

En la actualidad no todos los equipos cumplen con las exigencias que se requieren para el alumbrado público, por ejemplo, autonomía, lúmenes, calidad de los materiales, entre otros, las marcas no son relevantes en el tema del alumbrado público, sino más bien lo son sus componentes, ya que estos determinarán principalmente la reinversión en equipos luego de cumplir su vida útil, principalmente la batería la cual tiene un periodo de vida de entre 5 y 6 años.



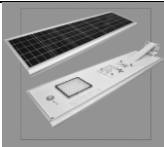
### **2.1.4. Consideraciones de las alternativas**

Los equipos elegibles deben tener como mínimo los siguientes requerimientos:

- Autonomía de funcionamiento mínima: 12 horas
- Vida útil de la luminaria led: 50,000 horas
- Iluminancia: Lux 60 (60 Lm/m<sup>2</sup>)

**Tabla 12.**

*Especificaciones generales de luminarias con paneles solares*

Características	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Descripción del equipo	Luminaria solar	Luminaria solar	Luminaria solar
Modelo / Referencia	CHZ-IST11-80	BST-AIO-180-L02	All in one 60w
Tipo	Todo en uno	Todo en uno	Todo en uno
Potencia nominal W	80W	180W	60W
Fotografía del equipo			
Costo del equipo	\$281	\$57.28	Q4,400

*Nota.* La tabla muestra un ejemplo de los paneles solares. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 13.**

*Especificaciones de paneles solares*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Voltaje V DC	18V	6V	18V
Potencia W	100W	30W	70W
Material	monocristalino	Silicio monocristalino	Silicio monocristalino

*Nota.* La tabla muestra un ejemplo de las especificaciones de los paneles solares. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 14.***Especificaciones de baterías*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tipo	Fosfato de hierro – Litio LiFePo4 Descarga profunda	Fosfato de hierro – Litio LiFePo4 Descarga profunda	Fosfato de hierro – Litio LiFePo4 Descarga profunda
Ciclos de carga	2000	2000	2000
Tiempo de descarga	12 h-15 h	12 h-15 h	48 h
Capacidad en Ah	57 Ah	20 Ah	36 Ah
Voltaje	12.8 V	3.2 V	12.8 V

*Nota.* La tabla muestra un ejemplo de las especificaciones de las baterías. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 15.***Especificaciones de luminarias*

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Vida útil en horas	50,000 h	50,000 h	50,000 h
Temperatura de color en k	2700 k - 6500 k	6000 k	2700 k – 6500 k
Flujo luminoso Lm	21,600 Lm	18,000 Lm	9000 Lm
Eficacia lumínica Lm/W	>180 lm/W	>100 lm/W	>150 lm/W

*Nota.* La tabla muestra un ejemplo de las especificaciones de las luminarias. Elaboración propia, realizado con Excel.

**2.2. Análisis de las alternativas**

Los equipos seleccionados cumplen con los requerimientos mínimos para el alumbrado público, si bien algunas características varían entre modelos, el precio es uno de los factores determinantes para elegir la alternativa a emplear, para el caso de los artículos cotizados en China se debe agregar los costos de

traslado del producto desde las bodegas del proveedor a la aduana guatemalteca agregando también los impuestos de nacionalización.

Los productos pueden ser enviados por mar o por avión, los costos se determinan por el volumen que ocupan los productos, siendo el costo más bajo el traslado por vía marítima pero cuya entrega toma entre 15 a 20 días y de 2 a 3 días por vía aérea, además, se debe elegir si los productos se llegan a recoger a la aduana por parte del comprador quien deberá gestionar los costos de nacionalización adquiriendo los productos con precio CIF o bien si se quiere que el producto llegue a la puerta del comprador adquiriéndose con el precio DDP.

Para efectos de cotización se solicitó precio CIF para un volumen de 0.30 m<sup>3</sup> (12 unidades + 12 Postes), siendo los costos por traslado los siguientes:

- Vía marítima CIF: \$ 360.00 por metro cúbico + precio total del producto.
- Vía aérea CIF: \$ 1,146.00 por 0.30 metros cúbicos + precio total del producto.

Ya que lo que se busca es ahorrar en la adquisición de los equipos se va a descartar el costo CIF vía aérea porque encarece considerablemente el costo de los productos siendo 40 unidades de AP y 40 Postes los que ocuparían un volumen de un metro cúbico de cargamento.

- El costo para la primera alternativa incluyendo CIF asciende a: \$ 281 + \$  $360/80 = \$ 285.50$  (Q. 2,243.37) por cada unidad de AP.
- El Costo de la segunda alternativa incluyendo CIF asciende a: \$ 57.28 + \$  $4.5 = \$ 61.78$  (Q. 485.45) por cada unidad de AP.

- El costo para los postes de 6m y pedestal incluyendo CIF asciende a: \$ 77.47 + \$ 4.5=81.97 (Q. 644.10).

El costo de almacenaje de contenedor lleno según se indica en el tarifario portuario Acuerdo Ministerial No.822-2014 es de \$ 1.38 por día, de ser necesario la portuaria también alquila montacargas por hora, para este caso no se considera el servicio de montacarga ya que los productos son ligeros y pueden cargarse de manera manual al vehículo que realizará el transporte de igual manera se descarta el costo de almacenaje ya que el traslado de los equipos es relativamente rápido después de la nacionalización en la aduana.

La tasa empleada para el cambio de moneda fue de Q. 7.85768 consultado el 17 de octubre del 2022 en la página oficial de BANGUAT.

Para los productos importados bajo el costo CIF se debe agregar los costos de nacionalización estos incluyen el IVA, arancel, trámites ante la SAT y costos de almacenaje diario, como estos equipos son para uso de la municipalidad, se deberá solicitar el beneficio de exención de IVA por parte de un representante de la municipalidad ante la SAT mencionado en la *Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable Decreto 53-2003*, el rubro en el que se encuentran las lámparas solares tiene 0 % de arancel por lo que únicamente se deberá tramitar la póliza o DUCA como se le conoce, si se efectúa por medio de un tramitador dedicado a esta gestión resulta en Q. 900.00 para dar seguimiento ante la SAT y la almacenadora hasta el retiro de los productos de la aduana, el flete desde puerto Quetzal hasta el municipio de Mixco para el transporte de las lámparas y los postes tiene un costo de Q. 2,500.00 si se realiza empleando una empresa de transporte particular, los costos de almacenaje diario solo se considera si el producto no puede moverse luego de su arribo al finalizar el trámite de nacionalización.



Para la tercera alternativa el precio es Q. 4,400.00 por unidad incluido el IVA y los postes junto con sus bases tienen un valor de Q. 2,560.00, el proveedor brinda de un descuento de Q250.00 por luminaria si los pedidos son arriba de 12 unidades, ya que los postes pueden importarse a mejor costo se emplearán los precios de postes traídos de China para la integración de costos.

Al iniciar la planificación del proyecto la municipalidad debe dar trámite a la solicitud de calificación de incentivos para proyectos que utilizan recursos energéticos renovables cuyo formulario se descarga de la página web del Ministerio de Energía y Minas -MEM y presentar su expediente ante la Dirección General de Energía - DGE, si todo está correcto la DGE emitirá el dictamen favorable el cual será remitido a Secretaría General quien después del análisis respectivo emitirá el dictamen jurídico, y por último el MEM extenderá la resolución aprobatoria.

#### **2.2.1. Inversión en equipo seleccionado para iluminación pública**

La zona 9 de Mixco estima el costo para el sistema de AP en Q. 1,194,496.04 anuales, por lo que este monto es el que se evaluará como monto máximo para esta zona, cabe mencionar que, para términos del alcance de este trabajo se utilizará únicamente el monto antes mencionado, en la tabla 16 se muestra el monto necesario para la adquisición de los equipos de AP.

**Tabla 16.***Cuadro comparativo de monto de inversión entre las alternativas planteadas*

<b>Alternativa 1</b>			
Descripción	Cantidad	P.U	Subtotal
Luminaria todo en uno - CHZ-IST11-80	761	Q 2,243.67	Q 1,707,432.87
Poste	761	Q 644.10	Q 490,160.10
<b>Total</b>			<b>Q 2,197,592.97</b>
<b>Alternativa 2</b>			
Descripción	Cantidad	P.U	Subtotal
Luminaria todo en uno -BST-AIO-180-L02	761	Q 484.45	Q 368,666.45
Poste	761	Q 644.10	Q 490,160.10
<b>Total</b>			<b>Q 858,826.55</b>
<b>Alternativa 3</b>			
Descripción	Cantidad	P.U	Subtotal
Luminaria todo en uno - All in One 60w	761	Q 4,150.00	Q 3,158,150.00
Poste	761	Q 644.10	Q 490,160.10
<b>Total</b>			<b>Q 3,648,310.10</b>

*Nota.* La tabla muestra un la inversión por cada alternativa planteada. Elaboración propia, realizado con Excel.

### **2.2.2. Mantenimiento del equipo seleccionado para iluminación pública**

El mantenimiento es una etapa crucial en cualquier tipo de sistema, esto detecta posibles desgastes o daños en los equipos, el mantenimiento puede ser preventivo o correctivo, siendo este último más costoso para cualquier sistema, para el caso de los equipos de AP alimentados con paneles solares se requiere de mantenimiento mínimo y esto consiste en la limpieza de los paneles solares con un paño suave y aplicar alcohol isopropílico, para los componentes internos solo debe monitorearse el desempeño de las baterías recargables las cuales tienen una vida útil de entre 5 y 6 años, los equipos por otro lado tienen una vida de entre 20 y 25 años, el precio de alcohol isopropílico es de Q. 110.00 por galón y los paños suaves suelen venir en paquetes de 3 o 4 unidades, para este caso se encontró en el mercado un precio de Q. 15.59.

Los equipos requieren una limpieza por lo menos 1 vez cada 6 meses y cada 3 meses si se encuentra en lugares con presencia de polvo en el ambiente, para el caso de la zona 9 de Mixco el ambiente no presenta condiciones que requieran limpieza de los paneles cada 3 meses por lo que para los costos del mantenimiento solo se considerarán limpiezas cada 6 meses y cambio de baterías recargables cada 5 años, el costo de las baterías se estima entre \$ 145 y \$ 175, por lo que la reinversión en baterías cada 5 años ascendería a Q. 1,034,487.15

Al culminar la vida útil de los equipos se deben trasladar a los centros de acopio para su envío a una recicladora de equipos electrónicos para el aprovechamiento de los componentes que puedan ser rescatados.

En la tabla 17 se determinó el costo de mantenimiento en Q. 150.79 anual por unidad atendida, lo que supondría un costo semestral de Q. 75.39.

**Tabla 17.**

*Costo de mantenimiento del sistema de AP*

DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
<b>Servicio de Mantenimiento de luminarias anual (2 semestres)</b>		unidad	761.00	Q 150.79	Q 114,753.00
<b>MATERIAL Y HERRAMIENTA</b>					
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL
Alcohol Isopropílico		galon	80.00	Q 110.00	Q 8,800.00
Paños de microfibra		pack	20.00	Q 15.00	Q 300.00
Escalera telescópica		UNIDAD	1.00	Q 1,800.00	Q 1,800.00
Total de materiales con IVA					Q 10,900.00
Total de materiales sin IVA					Q 9,732.14
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Camion		dia	50.000	Q 100.00	Q 5,000.00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 5,000.00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 4,464.29

Continuación de la tabla 17.

DESCRIPCIÓN RENGLÓN		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL
COMBUSTIBLES						
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		TOTAL
Combustible vehiculo		gal	400	Q	42.00	Q 16,800.00
						Q -
	Total de Combustibles con IVA					Q 16,800.00
	TOTAL DE COMBUSTIBLES SIN IVA					Q 15,000.00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL
Supervisor		dia	100.00	Q	250.00	Q 25,000.00
Tecnico de mantenimiento		dia	100.00	Q	150.65	Q 15,065.00
ayudante		dia	100.00	Q	105.65	Q 10,565.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA						Q 50,630.00
				Ayudante	0%	Q -
				Herramienta	0%	Q -
				Prestaciones	44.70%	Q 22,631.61
TOTAL MANO DE OBRA						Q 73,261.61
mano de obra + otros):						Q 102,458.04
+ UTILIDAD):					0%	Q -
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):						Q 102,458.04
IVA					12%	Q 12,294.96
TOTAL						Q 114,753.00

*Nota.* La tabla muestra un ejemplo de los paneles solares. Elaboración propia, realizado con Excel.

### 2.2.3. Determinación de los costos de implementación de las alternativas seleccionadas

Para los costos de implementación se agregan los costos directos e indirectos que se desarrollan en el proceso de instalación de los equipos, estos son:

- Mano de obra
- Materiales

- Equipos
- Impuestos
- Herramientas
- Transporte

En los apéndices 12, 13 y 14, se muestran las integraciones para determinar el monto que implica la implementación de cada una de las alternativas planteadas, quedando de la siguiente manera:

- Alternativa 1: Q. 2,472,177.16
- Alternativa 2: Q. 1,294,933.29
- Alternativa 3: Q. 5,919,171.25

El mantenimiento es anual por lo que del monto obtenido de Q. 1,194,496.04 se le restará el monto de mantenimiento de Q. 114,753.00 quedando el monto estimado de ahorro anual en Q. 1,079,743.04.



### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Valor Presente Neto

De la tabla 18 se extrajo el monto destinado al pago del servicio de AP, monto que resulta de la suma del monto de inversión a valor actual del año 1 al año 4, este es resultado de la proyección del monto anual destinado a este pago, el monto obtenido fue de Q. 3,880,900.73.

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

$t$  = número de periodo en años

$k$  = Inflación 8.87 % (dato obtenido de la página web de BANGUAT, agosto 2022)

$I_0$  = inversión inicial

$V_t$  = flujo de dinero en cada periodo  $t$

**Tabla 18.***VPN costo del servicio actual*

<b>Costo actual del servicio de AP</b>			
<b>Años</b>	<b>Pago anual</b>	<b>VPN</b>	<b>Acumulado</b>
1	Q1,194,496.04	Q 1,097,176.49	Q 1,097,176.49
2	Q1,194,496.04	Q 1,007,785.88	Q 2,104,962.36
3	Q1,194,496.04	Q 925,678.22	Q 3,030,640.58
4	Q1,194,496.04	Q 850,260.15	Q 3,880,900.73
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>Q3,880,900.73</b>	<b>Q 3,880,900.73</b>	

*Nota.* La tabla muestra el VPN actual. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 19.***Alternativa 1 - VPN a 2 años*

<b>CHZ-IST11-80</b>					
<b>Años</b>		<b>Anualidades</b>		<b>Inversión a valor actual</b>	<b>Recuperación</b>
Inversión inicial	-Q	2,472,177.16	-Q	2,472,177.16	
1	Q	1,079,743.04	Q	991,772.79	-Q 1,480,404.37
2	Q	1,079,743.04	Q	910,969.77	-Q 569,434.59
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>-Q</b>	<b>523,040.87</b>	<b>-Q</b>	<b>569,434.59</b>	
<b>TIR</b>				<b>-8.56%</b>	

*Nota.* La tabla muestra el VPN a dos años. Elaboración propia, realizado con Excel.



**Tabla 20.***Alternativa 1 - VPN a 4 años*

CHZ-IST11-80						
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación	
Inversión inicial	-Q.	2,472,177.16	-Q.	2,472,177.16		
1	Q.	1,079,743.04	Q.	991,772.79	-Q.	1,480,404.37
2	Q.	1,079,743.04	Q.	910,969.77	-Q.	569,434.59
3	Q.	1,079,743.04	Q.	836,750.05	Q.	267,315.45
4	Q.	1,079,743.04	Q.	768,577.24	Q.	1,035,892.70
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>Q.</b>	<b>1,035,892.70</b>	<b>Q.</b>	<b>1,035,892.70</b>		
<b>TIR</b>				<b>26.76%</b>		

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 21.***Alternativa 1 - VPN a 4 años*

CHZ-IST11-80						
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación	
<b>inversión inicial</b>						
	-Q.	2,472,177.16	-Q.	2,472,177.16		
<b>1</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	991,772.79	-Q.	1,480,404.37
<b>2</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	910,969.77	-Q.	569,434.59
<b>3</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	836,750.05	Q.	267,315.45
<b>4</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	768,577.24	Q.	1,035,892.70
<b>5</b>	Q.	45,255.89	Q.	29,589.26	Q.	1,065,481.95
<b>6</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	648,441.91	Q.	1,713,923.86
<b>7</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	595,611.20	Q.	2,309,535.06
<b>8</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	547,084.78	Q.	2,856,619.83
<b>9</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	502,511.97	Q.	3,359,131.80
<b>10</b>	Q.	45,255.89	Q.	19,346.08	Q.	3,378,477.88
<b>11</b>	Q.	1,079,743.04	Q.	423,964.96	Q.	3,802,442.83

Continuación de la tabla 21.

CHZ-IST11-80				
Años	Anualidades		inversión a valor actual	
Inversión inicial			Recuperación	
12	Q.	1,079,743.04	Q.	389,423.13
13	Q.	1,079,743.04	Q.	357,695.53
14	Q.	1,079,743.04	Q.	328,552.89
15	Q.	45,255.89	Q.	12,648.87
16	Q.	1,079,743.04	Q.	277,197.20
17	Q.	1,079,743.04	Q.	254,613.03
18	Q.	1,079,743.04	Q.	233,868.86
19	Q.	1,079,743.04	Q.	214,814.79
20	Q.	1,079,743.04	Q.	197,313.12
Costo total (VPN)	Q.	6,068,570.25	Q.	6,068,570.25
TIR	39.81 %			

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 22.**

*Alternativa 2 – VPN a 2 años*

BST-AIO-180-L02					
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación
Inversión inicial	-Q	1,294,933.29	-Q	1,294,933.29	
1	Q	1,079,743.04	Q	991,772.79	-Q 303,160.50
2	Q	1,079,743.04	Q	910,969.77	Q 607,809.28
COSTO TOTAL (VPN)	Q	558,289.04	Q	607,809.28	
TIR	42.07%				

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 23.***Alternativa 2 – VPN a 4 años*

BST-AIO-180-L02					
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación
Inversión inicial	-Q	1,294,933.29	-Q	1,294,933.29	
1	Q	1,079,743.04		Q991,772.79	-Q 303,160.50
2	Q	1,079,743.04		Q910,969.77	Q 607,809.28
3	Q	1,079,743.04		Q836,750.05	Q 836,750.05
4	Q	1,079,743.04		Q768,577.24	Q 465,416.75
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>Q</b>	<b>2,032,824.99</b>	<b>Q</b>	<b>2,213,136.57</b>	
<b>TIR</b>	<b>74.36%</b>				

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 24.***Alternativa 2 – VPN a 20 años*

BST-AIO-180-L02						
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación	
<b>Inversión inicial</b>	<b>-Q.</b>	<b>1,294,933.29</b>	<b>-Q.</b>	<b>1,294,933.29</b>		
<b>1</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>991,772.79</b>	<b>-Q.</b>	<b>303,160.50</b>
<b>2</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>910,969.77</b>	<b>Q.</b>	<b>607,809.28</b>
<b>3</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>836,750.05</b>	<b>Q.</b>	<b>1,444,559.32</b>
<b>4</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>768,577.24</b>	<b>Q.</b>	<b>2,213,136.57</b>
<b>5</b>	<b>Q.</b>	<b>45,255.89</b>	<b>Q.</b>	<b>29,589.26</b>	<b>Q.</b>	<b>2,242,725.82</b>
<b>6</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>648,441.91</b>	<b>Q.</b>	<b>2,891,167.73</b>
<b>7</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>595,611.20</b>	<b>Q.</b>	<b>3,486,778.93</b>
<b>8</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>547,084.78</b>	<b>Q.</b>	<b>4,033,863.70</b>
<b>9</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>502,511.97</b>	<b>Q.</b>	<b>4,536,375.67</b>

Continuación de la tabla 24.

BST-AIO-180-L02						
Años	Anualidades		Inversión a valor actual		Recuperación	
10	Q.	45,255.89	Q.	19,346.08	Q.	4,555,721.75
11	Q.	1,079,743.04	Q.	423,964.96	Q.	4,979,686.70
12	Q.	1,079,743.04	Q.	389,423.13	Q.	5,369,109.83
13	Q.	1,079,743.04	Q.	357,695.53	Q.	5,726,805.36
14	Q.	1,079,743.04	Q.	328,552.89	Q.	6,055,358.25
15	Q.	45,255.89	Q.	12,648.87	Q.	6,068,007.12
16	Q.	1,079,743.04	Q.	277,197.20	Q.	6,345,204.33
17	Q.	1,079,743.04	Q.	254,613.03	Q.	6,599,817.36
18	Q.	1,079,743.04	Q.	233,868.86	Q.	6,833,686.22
19	Q.	1,079,743.04	Q.	214,814.79	Q.	7,048,501.01
20	Q.	1,079,743.04	Q.	197,313.12	Q.	7,245,814.12
<b>Costo total (VPN)</b>	<b>Q.</b>	<b>7,245,814.12</b>	<b>Q.</b>	<b>7,245,814.12</b>		
<b>TIR</b>				<b>79.80 %</b>		

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 25.**

*Alternativa 3 – VPN a 2 años*

All in one 60w						
Años	Anualidades		Inversion a valor actual		Recuperacion	
Inversión inicial	-Q	5,919,171.25	-Q	5,919,171.25		
1	Q	1,079,743.04	Q	991,772.79	-Q	4,927,398.46
2	Q	1,079,743.04	Q	910,969.77	-Q	4,016,428.68
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>-Q</b>	<b>3,689,196.92</b>	<b>-Q</b>	<b>4,016,428.68</b>		
<b>TIR</b>				<b>-47.21%</b>		

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 26.***Alternativa 3 – VPN a 4 años*

<b>All in one 60w</b>						
<b>Años</b>	<b>Anualidades</b>		<b>Inversión a valor actual</b>		<b>Recuperación</b>	
Inversión inicial	-Q	5,919,171	-Q	5,919,171		
1	Q	1,079,743	Q	991,773	-Q	4,927,398
2	Q	1,079,743	Q	910,970	-Q	4,016,429
3	Q	1,079,743	Q	836,750	-Q	3,179,679
4	Q	1,079,743	Q	768,577	-Q	2,411,101
<b>COSTO TOTAL (VPN)</b>	<b>-Q</b>	<b>2,214,660.97</b>	<b>-Q</b>	<b>2,411,101.39</b>		
<b>TIR</b>				<b>-11.52%</b>		

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 27.***Alternativa 3 – VPN a 20 años*

<b>All in one 60w</b>						
<b>Años</b>	<b>Anualidades</b>		<b>Inversión a valor actual</b>		<b>Recuperación</b>	
<b>Inversión inicial</b>	<b>-Q.</b>	<b>5,919,171.25</b>	<b>-Q.</b>	<b>5,919,171.25</b>		
<b>1</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>991,772.79</b>	<b>-Q.</b>	<b>4,927,398.46</b>
<b>2</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>910,969.77</b>	<b>-Q.</b>	<b>4,016,428.68</b>
<b>3</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>836,750.05</b>	<b>-Q.</b>	<b>3,179,678.64</b>
<b>4</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>768,577.24</b>	<b>-Q.</b>	<b>2,411,101.39</b>
<b>5</b>	<b>Q.</b>	<b>45,255.89</b>	<b>Q.</b>	<b>29,589.26</b>	<b>-Q.</b>	<b>2,381,512.14</b>
<b>6</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>648,441.91</b>	<b>-Q.</b>	<b>1,733,070.23</b>
<b>7</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>595,611.20</b>	<b>-Q.</b>	<b>1,137,459.03</b>
<b>8</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>547,084.78</b>	<b>-Q.</b>	<b>590,374.26</b>
<b>9</b>	<b>Q.</b>	<b>1,079,743.04</b>	<b>Q.</b>	<b>502,511.97</b>	<b>-Q.</b>	<b>87,862.29</b>

Continuación de la tabla 27.

<i>All in one 60w</i>					
Años		Anualidades		Inversión a valor actual	Recuperación
10	Q.	45,255.89	Q.	19,346.08	-Q. 68,516.21
11	Q.	1,079,743.04	Q.	423,964.96	Q. 355,448.74
12	Q.	1,079,743.04	Q.	389,423.13	Q. 744,871.87
13	Q.	1,079,743.04	Q.	357,695.53	Q. 1,102,567.40
14	Q.	1,079,743.04	Q.	328,552.89	Q. 1,431,120.29
15	Q.	45,255.89	Q.	12,648.87	Q. 1,443,769.16
16	Q.	1,079,743.04	Q.	277,197.20	Q. 1,720,966.37
17	Q.	1,079,743.04	Q.	254,613.03	Q. 1,975,579.40
18	Q.	1,079,743.04	Q.	233,868.86	Q. 2,209,448.26
19	Q.	1,079,743.04	Q.	214,814.79	Q. 2,424,263.05
20	Q.	1,079,743.04	Q.	197,313.12	Q. 2,621,576.16
<b>COSTO</b>					
<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>2,621,576.16</b>	<b>Q.</b>	<b>2,621,576.16</b>	
<b>(VPN)</b>					
<b>TIR</b>	<b>14.82 %</b>				

*Nota.* La tabla muestra el VPN a 4 años de la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

### 3.2. Beneficio/costo

Con los datos obtenidos, se determinó el beneficio/costo de la implementación de los equipos, entendiendo que el beneficio es el ahorro estimado y costo es la inversión necesaria para ejecutar el proyecto, las figuras 12 y 14 y 16 muestran el comportamiento de los montos a través de un escenario mayor a 4 años, las baterías deben ser reemplazadas cada 5 o 6 años ya que en ese intervalo se encuentra su periodo de vida, por ello se empleó un rango en años mayor a 4.

Los criterios para la determinación de la viabilidad del Beneficio/costo se toma bajo las siguientes condiciones:

- $B/C > 1$  el proyecto es viable
- $B/C < 1$  el proyecto no es viable
- $B/C = 1$  la opción es indistinta, se toman a consideración otras variables

Donde:

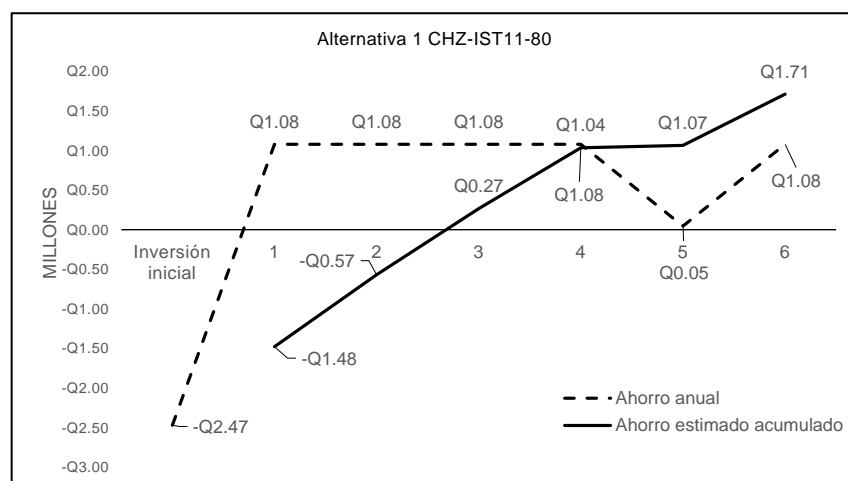
C = costo

B = beneficio

Se determinó el beneficio/costo a 2 años, 4 años y 20 años, para este último se emplean las tablas 21, 24 y 27.

**Figura 5.**

*Beneficio/costo alternativo 1 - proyección 6 años*



*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

De la tabla 20 se obtuvo el beneficio/costo de la proyección a 2 y 4 años, lo que representaría la totalidad de un periodo municipal.

- A dos años

$$\frac{B}{C} = \frac{Q - 569,434.59}{Q \ 2,472,177.16} = -0.23$$

- A cuatro años

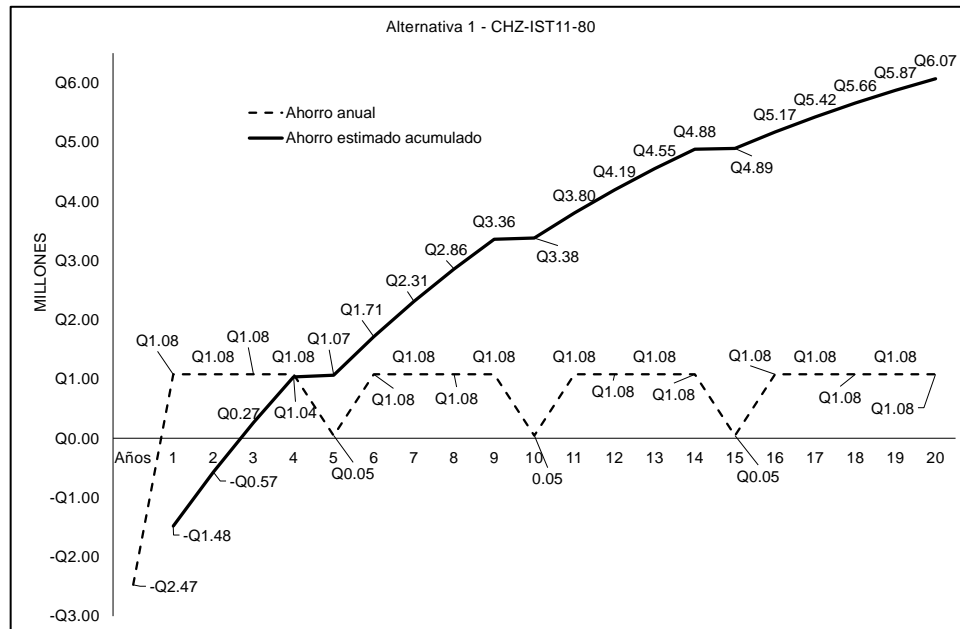
$$\frac{B}{C} = \frac{Q1,035,892.70}{Q \ 2,472,177.16} = 0.42$$

Como la vida útil de los equipos es de aproximadamente 20 años, se determinó el costo beneficio durante este periodo en que los equipos estarán en servicio incluyendo la reinversión en las baterías cada 5 años.



**Figura 6.**

*Beneficio/costo alternativa 1 proyección 20 años*



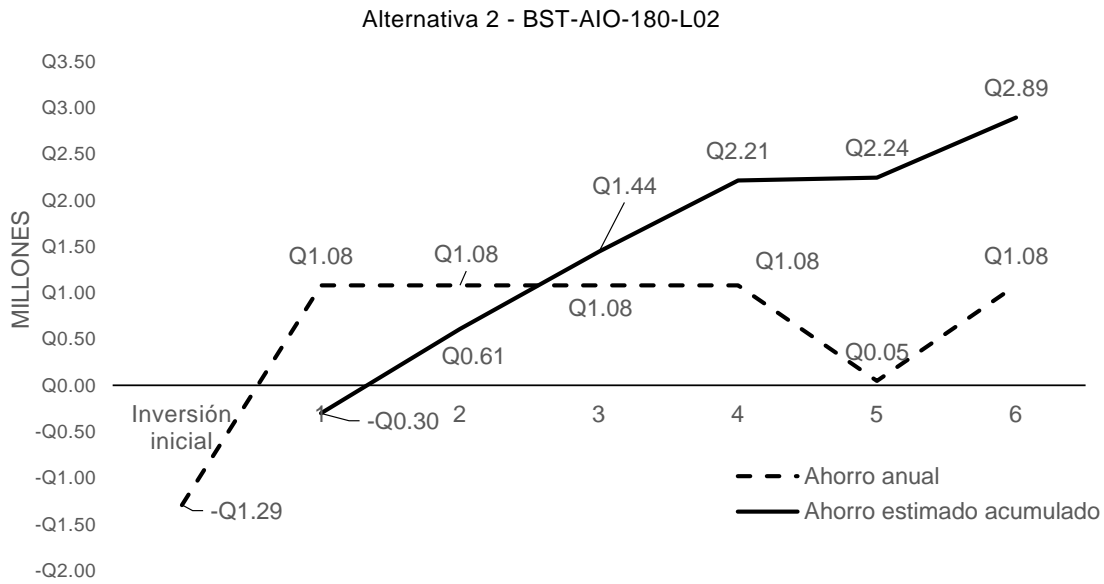
*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 1 proyectado a 20 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con los datos de la tabla 21 se obtuvo el beneficio/costo de la proyección a 20 años de vida útil de los equipos de la alternativa 1, la figura 6 muestra el comportamiento del ahorro estimado.

$$\frac{B}{C} = \frac{Q\ 6,068,570.25}{Q\ 2,472,177.16} = 2.45$$

**Figura 7.**

*Beneficio/costo alternativa 2 – proyección 6 años*



*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

De la tabla 23 se obtuvo el beneficio/costo de la proyección a 2 y 4 años, resultando en:

- A dos años

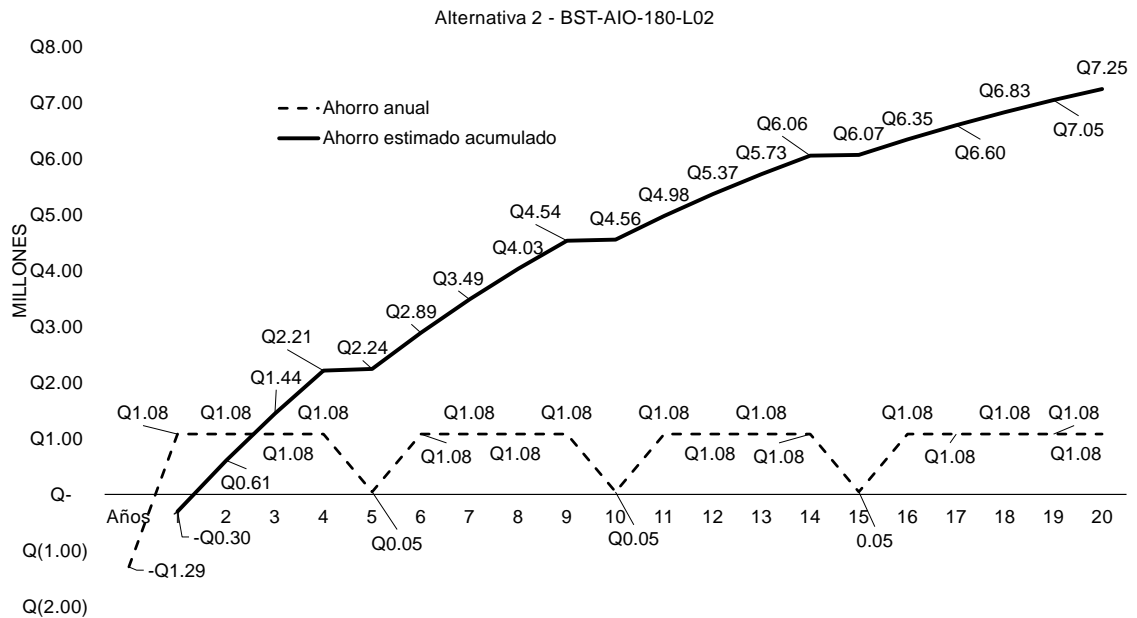
$$\frac{B}{C} = \frac{Q\ 607,809.28}{Q\ 1,294,933.29} = 0.47$$

- A cuatro años

$$\frac{B}{C} = \frac{Q\ 2,213,136.57}{Q\ 1,294,933.29} = 1.71$$

**Figura 8.**

*Beneficio/costo alternativa 2 – proyección a 20 años*



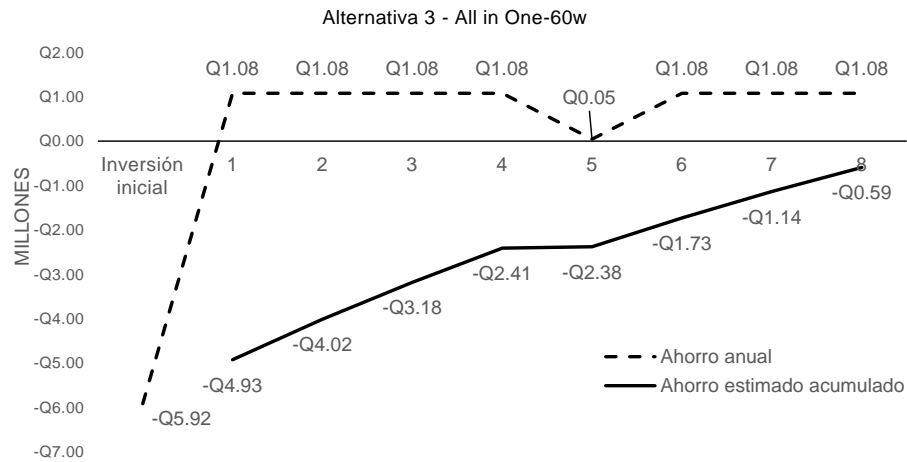
*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 2 proyectado a 20 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con los datos de la tabla 24 se obtuvo el beneficio/costo de la proyección a 20 años de vida útil de los equipos de la alternativa 2, la figura 8 muestra el comportamiento del ahorro estimado.

$$\frac{B}{C} = \frac{Q7,245,814.12}{Q1,294,933.29} = 5.60$$

**Figura 9.**

*Beneficio/costo alternativa 3 – proyección a 8 años*



*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

De la tabla 26 se obtuvo el Beneficio/costo de la proyección a 2 y 4 años, resultando en:

- A dos años

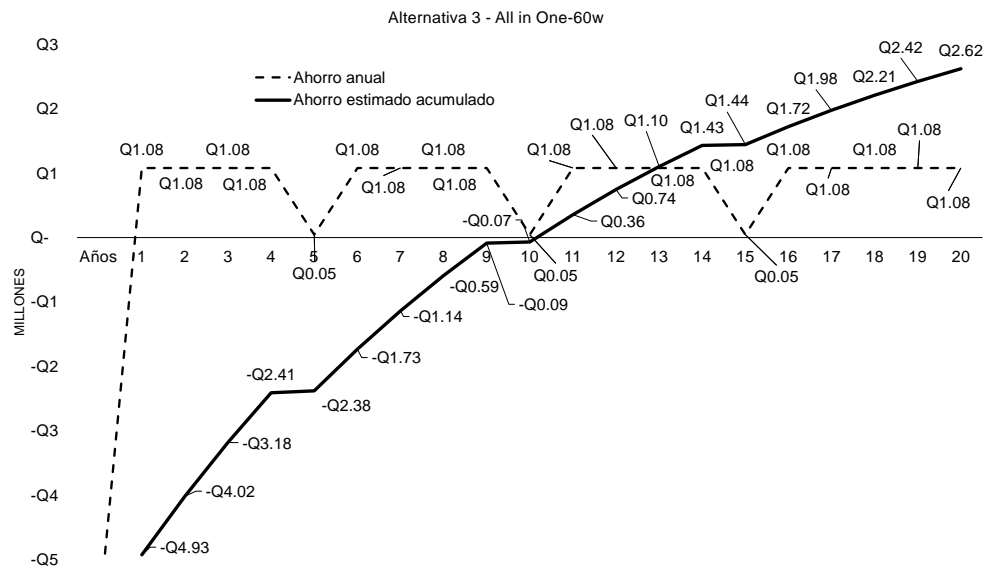
$$\frac{B}{C} = \frac{Q - 4,016,428.68}{Q 5,919,171.25} = -0.68$$

- A cuatro años

$$\frac{B}{C} = \frac{Q - 2,411,101.39}{Q 5,919,171.25} = -0.41$$

**Figura 10.**

*Beneficio/costo alternativa 3 – proyección a 20 años*



*Nota.* La figura muestra el beneficio/costo de la alternativa 3 proyectado a 20 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con los datos de la tabla 27 se obtuvo el beneficio/costo de la proyección a 20 años de vida útil de los equipos de la alternativa 3, la figura 10 muestra el comportamiento del ahorro estimado.

$$\frac{B}{C} = \frac{Q2,621,576.16}{Q 5,919,171.25} = 0.44$$

### 3.3. TIR

La tasa interna de retorno o TIR es la tasa de interés o de rentabilidad que ofrece una inversión. Es el porcentaje de beneficio o pérdida que conlleva cualquier inversión.

$$VPN = \frac{\sum R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

t = tiempo

i = tasas de inflación 8.87 % (dato obtenido de la página web de BANGUAT, agosto 2022)

$R_t$  = flujo neto de efectivo (ingresos menos egresos)

- Criterios
  - TIR > 0 aceptable
  - TIR < 0 Inaceptable
  - TIR = 0 Indiferente, se toman a consideración otras variables.

**Tabla 28.**

*Valor de TIR alternativa 1*

Año	TIR
2	-8.56 %
4	26.76 %
6	32.13 %
20	39.81 %

*Nota.* La tabla muestra el porcentaje del retorno para la alternativa 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 29.***Valor de TIR alternativa 2*

<b>Año</b>	<b>TIR</b>
2	42.07 %
4	74.36 %
6	77.15 %
20	79.80 %

*Nota.* La tabla muestra el porcentaje del retorno para la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

**Tabla 30.***Valor de TIR alternativa 3*

<b>Año</b>	<b>TIR</b>
2	-47.21 %
4	-11.52 %
8	6.06 %
20	14.82 %

*Nota.* La tabla muestra el porcentaje del retorno para la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.

El costo por consumo de energía eléctrica basado en la tarifa de EEGSA (2022) indica que vigencia del 1 de febrero al 30 de abril de 2022, para 1 millón 401 mil 325 clientes de EEGSA, serán de Q. 1.28/kWh para la tarifa social y Q. 1.36/kWh para la tarifa no social., Con estos datos se estima que la energía consumida en el sistema de AP en el año 2020 fue:

$$\frac{Q1,194,496.04}{Q 1.36} = 878,305.91 \text{ kW}$$

Y en 20 años sería un estimado de:

$$878,305.91 \text{ kW} * 20 = 17.6 \text{ MW}$$



## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Comparación del costo actual contra las alternativas planteadas**

Las tres alternativas planteadas cumplen con los requisitos mínimos para la elegibilidad de los equipos, sin embargo, el tema económico es quien dicta la mejor opción en términos del ahorro estimado en el servicio de AP para el municipio, siendo la alternativa 2 la que muestra mejores resultados en la estimación de ahorro en los periodos de 2 y 4 años.

Como la municipalidad no tiene información de un monto por mantenimiento al sistema de AP actual es difícil estimar si el mantenimiento a los equipos solares es menor o mayor al que se haya registrado en años anteriores respecto al existente, dado que el costo de adquirir el repuesto de una luminaria del sistema actual varía en función del tipo de foco que se requiere cambiar no hay comparativa en la estimación de ahorro por mantenimiento, ya que la alternativa planteada tiene un estimado de vida útil de 20 años, los equipos solares generarán aproximadamente 17.6 MW durante este tiempo.

**Tabla 31.**

*Comparación del costo actual contra las alternativas planteadas*

Descripción	Monto
Pago de servicio de AP	Q3,880,900.73
Alternativa 1	Q 1,035,892.70
Alternativa 2	Q 2,213,136.57
Alternativa 3	-Q 2,411,101.39

*Nota.* En la tabla se aprecia la comparación del costo actual contra las alternativas planteadas en un periodo de 4 años siendo el costo más bajo es la alternativa 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se observa de la tabla 29, la municipalidad se ahorraría al cabo de 4 años Q. 1,035,900.73 quetzales con la alternativa 1, Q. 2,213,136.57 con la alternativa 2 y con la alternativa 3 no alcanza el punto de equilibrio al cabo de 4 años ya que se obtuvo un valor negativo de -Q. 2,411,101.39.

La alternativa 3 a partir de este punto demuestra que no es autosostenible en el supuesto que solo se dispone del monto anual estimado a la zona 9 de Mixco.

#### **4.2. Análisis financiero en una proyección de 2 y 4 años para la implementación del sistema de alumbrado público con paneles solares**

En las siguientes tablas se presentan las comparaciones alternativas con sus respectivos gastos monetarios.

**Tabla 32.***Comparación entre alternativas a 2 y 4 años*

No.	Alternativa	Inversión	VPN		TIR		B/C	
			2 años	4 años	2 años	4 años	2 años	4 años
1	CHZ-IST11-80	Q 2,472,177.16	-Q 569,434.59	Q 1,035,892.70	-8.56%	26.76%	-0.23	0.42
2	BST-AIO-180-L02	Q 1,294,933.29	Q 607,809.28	Q 2,213,136.57	42.07%	74.36%	0.47	1.71
3	All in One 60w	Q 5,919,171.25	-Q 4,016,428.68	-Q 2,411,101.39	-47.21%	-11.52%	-0.68	-0.41

*Nota.* Comparaciones de alternativas. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 32 se muestra que la alternativa 2 al cabo de 2 años estima un ahorro de Q. 607,809.28 en el servicio de AP, mientras que las otras alternativas no logran alcanzar el punto de recuperación de la inversión, pero al cabo de 4 años se puede notar que la alternativa 1 obtiene un ahorro de Q. 1,035,892.70, la alternativa 2 obtiene un ahorro de Q. 2,213,136.57 y la alternativa 3 no logró alcanzar el punto de recuperación de la inversión.

La TIR en los primeros dos años muestra que únicamente es viable la alternativa 2, obteniéndose un valor de 42.07 % mientras que en el cuarto año la alternativa 1 se torna en una opción viable con un valor de 26.76 %, mientras que la alternativa 3 obtiene un valor de -11.52 % manteniendo esta alternativa inviable.

El Beneficio/costo muestra que en los primeros dos años la alternativa 2 tiene un valor positivo, pero por debajo de 1, teniendo a la vista el criterio de decisión siendo el valor obtenido 0.47 por lo que este parámetro muestra que no es viable a pesar de que los otros parámetros muestran que es una opción aceptable, a los 4 años las alternativas 1 y 2 obtuvieron valores positivos, siendo 0.42 y 1.71 respectivamente, con ello la alternativa 2 nuevamente se considera

una alternativa aceptable en comparación con las otras 2, la alternativa 3 nuevamente no obtiene un criterio de aceptación ya que obtuvo un valor de -0.41.

Para términos de la vida útil de los equipos se realizó una proyección a 20 años, obteniéndose los siguientes datos:

**Tabla 33.**

*Comparativa entre alternativas en un horizonte de 20 años*

No.	Alternativa	Inversión	VPN	TIR	B/C
			20 años		
1	CHZ-IST11-80	Q 2,472,177.16	Q 6,068,570.25	39.81%	2.45
2	BST-AIO-180-L02	Q 1,294,933.29	Q 7,245,814.12	79.80%	5.60
3	All in One 60w	Q 5,919,171.25	Q 2,621,576.16	14.82%	0.44

*Nota.* Comparaciones de alternativas. Elaboración propia, realizado con Excel.

De la tabla 33 se puede observar que durante la vida útil de los equipos tanto la alternativa 1 como la alternativa 2 obtuvieron una estimación de ahorro considerablemente alta y beneficio/costo por arriba de 1 lo que se traduce como alternativas aceptables, mientras tanto la alternativa 3 a pesar de que logra superar el punto de equilibrio y un TIR arriba de 1 no logró obtener un beneficio/costo por arriba de 1, con lo cual se determina que no es viable considerado en el escenario planteado para la zona 9 de Mixco.

#### **4.2.1. Consideraciones del proceso de transición de la alternativa**

El proceso de transición debe efectuarse en fases, esto debido a que la construcción de las bases de concreto para los postes requiere de un tiempo

prudencial para que alcance la resistencia necesaria antes de colocar los postes en su lugar final.

Se debe notificar a la empresa eléctrica del cambio de luminarias con el fin de evitar malentendidos entre ambas partes, principalmente para eliminar las luminarias convencionales que ya no se utilizarán después de instalar las de tipo solar.

Se debe establecer una programación de mantenimiento y un control financiero del mismo desde el inicio para que la gestión sea mucho más sencilla de evaluar y auditar.

#### **4.2.2. Alternativa elegida para el sistema de AP**

La alternativa 2 es la que mayor beneficio en la estimación de ahorro por el servicio de AP brinda a la municipalidad, siendo un equipo que satisface los requerimientos mínimos además de que en el horizonte de su vida útil obtiene el mayor beneficio/costo.

A pesar de los resultados se debe considerar que en realidad la municipalidad puede implementar cualquiera de los 3 equipos seleccionados dado que tenía un monto sin ejecutar de más de 19 millones de quetzales, no obstante, la implementación de la alternativa seleccionada puede satisfacer los requerimientos de AP para todo el municipio si así se plantea, la alternativa cubre los estándares requeridos, tanto económicos como técnicos.

Como el monto de inversión es mayor a Q. 900,000.00 se debe proceder como lo indica el artículo 38 de la Ley de Contrataciones del Estado, creando para los efectos dos eventos de cotización para la adquisición de los equipos,

este procedimiento deberá repetirse para la adquisición de baterías ya que también la inversión supera , esto para que pueda ser aprobado por el Concejo Municipal y no complicar el proceso de compra, de igual manera se debe proceder como lo indican los artículos 39, 40 y 41 de la LCE.

La municipalidad de Mixco en la presentación de su PEI debe incluir la implementación del sistema en su POA ya que esta va íntimamente ligada al *Plan Nacional de Desarrollo K'atun, Nuestra Guatemala 2032*, y por lo tanto al eje de políticas públicas *Recursos Naturales hoy y para el futuro* así como de las Prioridades Nacionales de Desarrollo y sus metas estratégicas presentando con ello el escenario actual así como el escenario futuro que se espera al implementar la alternativa planteada integrándose así como una meta institucional y darle seguimiento en su POM.

Se debe crear el expediente del proyecto considerando los procedimientos preparatorios, generalidades, bases, forma de pago, fluctuación del cambio de moneda, condiciones para ofertar, requisitos de los equipos, condiciones de rechazo, criterios de calificación de oferta, precio, calidad, garantía y tiempo de entrega, basado en lo establecido en la LCE.

## CONCLUSIONES

1. La evaluación técnica mostró que la alternativa 2 es apta para el servicio de alumbrado público, requiere de una inversión de Q. 1.29 millones y se recupera en 2 años como se observa en la tabla 32, alcanzando un ahorro estimado de Q. 607,809.00 en este tiempo por lo que su implementación es técnicamente viable y económicamente factible.
2. El ahorro estimado al finalizar el periodo municipal será de Q. 2.21 millones, mientras que el costo de este servicio durante este mismo periodo ascendería a Q. 3.88 millones, por lo que sí existe un ahorro tras la implementación de la alternativa planteada.
3. La alternativa seleccionada fue cotizada en China con el proveedor Guangzhou Best Electronic Technology Co., Ltd, el equipo es del tipo todo en uno, siendo el modelo BST-AIO-180-L02, las especificaciones del equipo se detallan en las tablas 12, 13,14 y 15, la vida útil estimada por el proveedor fue de 20 años, la radiación en el territorio de Guatemala es de 5.3 kWh/m<sup>2</sup>/día como lo indica el MEM por lo que el uso de equipo con aprovechamiento solar tiene condiciones adecuadas para su óptimo funcionamiento, la cantidad de energía ahorrada por los paneles solares durante la vida útil será aproximadamente de 17.6 MW.
4. Se estima un ahorro de Q. 7.24 millones al finalizar la vida útil de los equipos de AP, monto libre de los costos de mantenimiento y reinversión de baterías la cual es de Q. 1,034,487.15 cada 5 años.





## RECOMENDACIONES

1. Considerar adquirir los equipos en dos pedidos cuyos montos no superen los Q. 900,000.00 como lo indica la LCE en el proceso de adquisición por cotización de equipos importados, así como gestionar de manera oportuna los trámites ante el MEM y SAT para gozar de los beneficios indicados en el Decreto 52-2003 y de igual manera integrar el proyecto en el POA y POM del municipio de Mixco, para su correcta implementación y seguimiento.
2. Mantener el ahorro estimado es fundamental que el departamento de infraestructura de la municipalidad cree un cronograma de mantenimiento preventivo en la zona 9 de Mixco dirigido por la alcaldía auxiliar de esta zona para evitar el mal funcionamiento de los equipos debido a la acumulación de polvo sobre los paneles solares, de esta manera se evitaría comprar equipos o repuestos debido al deterioro lo cual afectaría negativamente la estimación de ahorro al tener que sustituir las unidades con más frecuencia que la planteada.
3. Considerar que los pernos queden sujetos de forma permanente en sus puntos de anclaje al poste para evitar la sustitución de equipos por ser susceptibles al hurto.
4. Considerar la estimación del ahorro durante la vida útil de los equipos va relacionada al estricto cumplimiento del mantenimiento y sustitución de las baterías en el periodo establecido del fabricante, por lo que cada gobierno municipal debe comprometerse en darle seguimiento a este

tema, como la reinversión en batería es mayor a Q. 900,000.00, se recomienda realizar una compra en la modalidad de cotización al inicio del cuarto año de su implementación y completar el pedido al finalizar, esto con el fin de tener stock suficiente antes de cumplir los 5 años.

## REFERENCIAS

- Alvarado, E. y Jaramillo, J. (s.f.). *Sistemas fotovoltaicos para iluminación: sistemas de iluminación en 12 V* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio institucional.
- Blog TECNOSOL. (agosto de 2016). *Baterías para energía solar. Conceptos y tipos de baterías*. <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/#:~:text=Las%20bater%C3%ADas%20para%20energ%C3%ADa%20solar,noche%20y%20en%20d%C3%ADas%20nublados>
- Castillo, Y. (2019). *Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de alumbrado público empleando luminarias tipo LED mediante el uso de tecnología fotovoltaica en el municipio de Corozal-Sucre* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional.
- Código Municipal. Decreto 12-2002. (02 de abril de 2002). Congreso de la República. Diario de Centroamérica. Guatemala. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6698.pdf>
- Coloma, C. (2018). *Análisis de factibilidad de paneles solares foto voltaicos en el parque alborada décima etapa y álamos*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional.

Dirección Financiera Departamento de Presupuesto. (2021). *Oficio No. 234-2021-PRESU*. Municipalidad de Mixco.

Dumalux. (febrero de 2019). *Alumbrado público led*. <https://dumalux.com/blog/97-alumbrado-publico-led-debes-saber>

Echavarría, B. y Rojas, H. (2019). *Implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares en el municipio de El Peñol, estudio de prefactibilidad* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia Medellín]. Repositorio institucional.

Empresa Eléctrica de Guatemala S. A. (enero de 2022). *EEGSA anuncia las tarifas autorizadas para el siguiente trimestre*. <https://eegsa.com/boletin-de-prensa/eegsa-anuncia-las-tarifas-autorizadas-para-el-siguiente-trimestre-2/#:~:text=Las%20tarifas%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20que%20estar%C3%A1n%20en%20vigencia%20del,para%20la%20Tarifa%20No%20Social>

Energía Solar Fotovoltaica. (5 de noviembre, 2014). *Luminarias centralizadas*. <https://sites.google.com/site/energisolrfotovoltaica/>

Gascueña, D. (19 de junio de 2020). *Cuatro tecnologías que prometen revolucionar la energía solar fotovoltaica*. BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/cuatro-tecnologias-que-prometen-revolucionar-la-energia-solar-fotovoltaica/>

Guerrero, A., Ruvalcaba, J. y Vázquez, I. (2016). *Propuesta de alumbrado con iluminación tipo led y paneles fotovoltaicos Estacionamiento de la DAE*

(Dirección de Administración Escolar) del I.P.N. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional.

LBA Industrial. (junio de 2018). *Alumbrado público solar. ¿Cómo funciona? Y tipos de luminarias solares.* <http://www.lbaindustrial.com.mx/alumbrado-publico-solar/>

LEDSOLAR. (s.f.). *Proyecto de alumbrado público fotovoltaico.* <https://www.ledsolar.com.mx/proyecto-de-alumbrado-publico-fotovoltaico/>

Ley General de Electricidad. Decreto 93-96. (13 de noviembre de 1996). Congreso de la República. Diario de Centroamérica. Guatemala. [https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb\\_dl=6AMM-ley-general-electricidad.pdf](https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=6AMM-ley-general-electricidad.pdf)

Ley Orgánica del Banco de Guatemala. Decreto 16-2005. (15 de noviembre de 2005). Congreso de la República. Diario de Centroamérica No. 95 tomo CCCXVIII. Guatemala. <https://legal.dca.gob.gt/>

López, D. (2018). *Estudio de viabilidad tecnológica y económica del uso de energía fotovoltaica para la iluminación del circuito de Castellolí* [Tesis de pregrado, Universidad de Valencia]. Repositorio institucional.

Ministerio de Energía y Minas (2018). *Energía Solar en Guatemala.* <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>

Miñarro, J. (2 de julio de 2014). *Energía Solar*. Newton.  
[http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/solar.htm#:~:text=El%20aprovechamiento%20de%20la%20energ%C3%ADa,t%C3%A9rmica%20almacenada%20en%20un%20fluido](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm#:~:text=El%20aprovechamiento%20de%20la%20energ%C3%ADa,t%C3%A9rmica%20almacenada%20en%20un%20fluido)

MuniMixco. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial de Mixco Zona 9*.  
<https://www.munimixco.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/ZONA-9.pdf>

NCYT Amazings. (octubre de 2020). *Paneles solares*.  
<https://noticiasdelaciencia.com/art/39884/apoyo-a-los-avances-en-las-celulas-solares-en-tandem-de-perovskita>

OpenMind BBVA. (junio de 2020). *Cuatro tecnologías que prometen revolucionar la energía solar fotovoltaica*.  
<https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/innovacion/cuatro-tecnologias-que-prometen-revolucionar-la-energia-solar-fotovoltaica/>

Ortíz, L. (2003). *Decreto número 52-2003*. Ministerio de Energía y Minas.

Ortíz, L. (2005). *Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable*. Ministerio de Energía y Minas.

Ossa, G. (2016). *Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio institucional.

Pineda, J. (17 de abril de 2021). *Energía Solar*. Temas Ambientales.  
<https://www.temasambientales.com/2021/04/energia-solar.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2012) *Objetivo 7: Energía asequible y sostenible*.  
<https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/post-2015/sdg-overview/goal-7.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.  
<https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/sustainable-development-goals.html>

Samuels, S. (1997). *Apuntes sobre preparación y evaluación de proyectos* [Tesis de pregrado, Universidad Latinoamericana]. Repositorio institucional.

Sánchez, I. (2020). *Centro Comunitario en la colonia Ciudad Satélite, Zona 9 de Mixco, Guatemala* [Tesis de pregrado, Universidad del Istmo]. Repositorio institucional.

SDE Mx. (octubre de 2018). *¿Cómo funciona un panel solar?* SDE.  
<http://www.sde.mx/como-funciona-un-panel-solar/>

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (2016). *Guía metodológica para elaboración de Plan Estratégico Institucional (PEI), Plan Operativo Multianual (POM) y Plan Operativo Anual (POA) de las municipalidades*.  
[http://www.segeplan.gob.gt/downloads/2016/SPOT/planificacion2017-2020/Guia\\_PEI\\_POM\\_POA\\_Municipalidades.pdf](http://www.segeplan.gob.gt/downloads/2016/SPOT/planificacion2017-2020/Guia_PEI_POM_POA_Municipalidades.pdf)

Umaña, I. (2014). *K'atun Nuestra Guatemala 2032*. SEGEPLAN.

Vélez, J. y Figueroa, J. (2015) *Diseño de un sistema de alumbrado público con suministro de energía solar fotovoltaica en la urbanización valle del sol Girardot – Cundinamarca*. [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio institucional.



# APÉNDICES

## Apéndice 1.

### Costo de implementación de alternativa 1

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	
Instalación de postes, bases de concreto y luminarias CHZ-4ST11-80	unidad	761.00	Q 3,248.59	Q 2,472,177.16	
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	
Concreto premezclado	bolsa	3,805.00	Q 34.00	Q 129,370.00	
Madera formaleta	tabla	20.00	Q 90.00	Q 1,800.00	
Clavo 2"	libra	15.00	Q 8.00	Q 120.00	
Alambre de amarre	libra	100.00	Q 9.00	Q 900.00	
Acero #3	kg	2577.1	Q 14.50	Q 37,368.24	
Luminaria CHZ-IST11-80	unidad	761.0	Q 2,243.37	Q 1,707,204.57	
Poste	unidad	761.0	Q 644.10	Q 490,160.10	
Duca	unidad	1.0	Q 900.00	Q 900.00	
Transporte de aduana	unidad	1.0	Q 2,500.00	Q 2,500.00	
Mantenimiento	unidad	761.0	Q 150.79	Q 114,753.00	
Total de materiales con IVA			Q	Q 2,485,075.91	
Total de materiales sin IVA			Q	Q 2,218,817.78	
EQUIPO Y MAQUINARIA					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Camión	dia	150.000	Q 100.00	Q	15,000.00
Total de Equipo y maquinaria con IVA				Q	15,000.00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA				Q	13,392.86
COMBUSTIBLES					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Diesel vehiculo	gal	1200	Q 42.00	Q	50,400.00
Total de Combustibles con IVA				Q	50,400.00
TOTAL DE COMBUSTIBLES SIN IVA				Q	45,000.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	TOTAL	
Supervisor	dia	150.00	Q 250.00	Q 37,500.00	
Albañil	dia	300.00	Q 150.65	Q 45,195.00	
ayudante	dia	300.00	Q 105.65	Q 31,695.00	
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA			Q	114,390.00	
	Ayudante	0%	Q	-	
	Herramienta	0%	Q	-	
	Prestaciones	44.70%	Q	51,132.33	
TOTAL MANO DE OBRA			Q	165,522.33	
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):			Q	2,442,732.96	
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):			0%	Q -	
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):			Q	2,442,732.96	
IVA			12%	Q 29,444.20	
TOTAL			Q	2,472,177.16	

*Nota.* La tabla muestra el costo unitario para la alternativa 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

## Apéndice 2.

### Costo de implementación de alternativa 2

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL	
Instalación de postes, bases de concreto y luminarias BST-AIO-180-L02	unidad	761.00	Q	1,701.62	Q 1,294,933.29	
MATERIAL Y HERRAMIENTA						
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL	
Concreto premezclado	bolsa	3,805.00	Q	34.00	Q 129,370.00	
Madera formaleta	tabla	20.00	Q	90.00	Q 1,800.00	
Clavo 2"	libra	15.00	Q	8.00	Q 120.00	
Alambre de amarre	libra	100.00	Q	9.00	Q 900.00	
Acero #3	kg	2577.1	Q	14.50	Q 37,368.24	
Luminaria BST-AIO-180-L02	unidad	761.0	Q	485.45	Q 369,427.45	
Poste	unidad	761.0	Q	644.10	Q 490,160.10	
Duca	unidad	1.0	Q	900.00	Q 900.00	
Transporte desde aduana	unidad	1.0	Q	2,500.00	Q 2,500.00	
Mantenimiento	unidad	761.0	Q	150.79	Q 114,753.00	
Total de materiales con IVA				Q	1,147,298.79	
Total de materiales sin IVA				Q	1,024,373.92	
EQUIPO Y MAQUINARIA						
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		TOTAL
Camión		día	150.000	Q	100.00	Q 15,000.00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q	15,000.00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q	13,392.86
COMBUSTIBLES						
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		TOTAL
Diesel Vehículo		gal	1200	Q	42.00	Q 50,400.00
Total de Combustibles con IVA					Q	50,400.00
TOTAL DE COMBUSTIBLES SIN IVA					Q	45,000.00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL	
Supervisor	día	150.00	Q	250.00	Q 37,500.00	
Albañil	día	300.00	Q	150.65	Q 45,195.00	
ayudante	día	300.00	Q	105.65	Q 31,695.00	
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 114,390.00	
			Ayudante	0%	Q -	
			Herramienta	0%	Q -	
			Prestaciones	44.70%	Q 51,132.33	
TOTAL MANO DE OBRA					Q 165,522.33	
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 1,248,289.11	
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				0%	Q -	
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					Q 1,248,289.11	
IVA				12%	Q 46,644.19	
TOTAL					Q 1,294,933.29	

*Nota.* La tabla muestra el costo unitario para la alternativa 2. Elaboración propia, realizado con Excel.

### Apéndice 3.

#### Costo de implementación de alternativa 3

DESCRIPCIÓN RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL
Instalacion de postes, bases de concreto y luminarias	unidad	761.00	Q	7,778.15	Q 5,919,171.25
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCIÓN INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL
Concreto premezclado	bolsa	3,805.00	Q	34.00	Q 129,370.00
Madera formaleta	tabla	20.00	Q	90.00	Q 1,800.00
Clavo 2"	libra	15.00	Q	8.00	Q 120.00
Alambre de amarre	libra	100.00	Q	9.00	Q 900.00
Acero #3	kg	2577.1	Q	14.50	Q 37,368.24
Luminaria BZT	UNIDAD	761.0	Q	4,150.00	Q 3,158,150.00
Poste	UNIDAD	761.0	Q	2,925.00	Q 2,225,925.00
Mantenimiento	UNIDAD	761.0	Q	150.79	Q 114,753.00
Total de materiales con IVA				Q	5,668,386.24
Total de materiales sin IVA				Q	5,061,059.14
EQUIPO Y MAQUINARIA					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Camion		dia	150.000	Q 100.00	Q 15,000.00
Total de Equipo y maquinaria con IVA					Q 15,000.00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA SIN IVA					Q 13,392.86
COMBUSTIBLES					
DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Diesel Vehiculo		gal	1200	Q 42.00	Q 50,400.00
Total de Combustibles con IVA					Q 50,400.00
TOTAL DE COMBUSTIBLES SIN IVA					Q 45,000.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO		TOTAL
Supervisor	dia	150.00	Q	250.00	Q 37,500.00
Albañil	dia	300.00	Q	150.65	Q 45,195.00
ayudante	dia	300.00	Q	105.65	Q 31,695.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 114,390.00
	Ayudante		0%	Q	-
	Herramienta		0%	Q	-
	Prestaciones		44.70%	Q	51,132.33
TOTAL MANO DE OBRA					Q 165,522.33
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 5,284,974.33
TOTAL COSTO INDIRECTO (administrativos + fianzas + supervisión + UTILIDAD):				0%	Q -
SUB-TOTAL (suma de directos + indirectos):					Q 5,284,974.33
IVA				12%	Q 634,196.92
TOTAL					Q 5,919,171.25

*Nota.* La tabla muestra el costo unitario para la alternativa 3. Elaboración propia, realizado con Excel.



## ANEXOS

### Anexo 1.

*Oficio 234-2021-PRESU*



**DIRECCION FINANCIERA  
DEPARTAMENTO DE PRESUPUESTO**



Mixco, 14 de diciembre de 2021  
Oficio No. 234-2021-PRESU

Señora  
Gabriela Leiva  
Analista de Información Pública  
Municipalidad de Mixco  
Presente

Respetable Señora Leiva:

Reciba un cordial saludo, el motivo de la presente es en respuesta al Oficio No. 639-2021 UIP GCLL sobre la solicitud de información presentada por el Señor MARTÍN DE LEON, referente a: información financiera del monto presupuestario que se asigna al pago del servicio de alumbrado público en la zona 9 de Mixco, así como la información del tipo, cantidad de luminarias, características técnicas y monto asignado al mantenimiento del sistema de alumbrado público correspondiente a los años: 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

Atentamente se informa que el Departamento de Presupuesto no cuenta con información detallada como lo solicita el Señor Martín de León, la información que puede proporcionar el Departamento de Presupuesto, es lo asignado y ejecutado en concepto de la prestación del servicio de alumbrado público de los años solicitados, indicando que es de forma general, no específico como lo solicita el Sr de Leon, considerando le sea de utilidad se detalla a continuación, la siguiente información.

*¡Trabajando por nuestra Ciudad!*

Dirección dpto. Calle 4-98 Zona 1, Mixco  
PBX: 2307-7300  
info@municipalidadmixco.gob.gt  
Ciudad de Mixco, Guatemala

www.municipalidadmixco.gob.gt

*Nota.* Oficio de respuesta. Dirección Financiera Departamento de Presupuesto. (2021). *Oficio No. 234-2021-PRESU.* Municipalidad de Mixco.

## Anexo 2.

### Cuadro de asignación y ejecución presupuestaria del servicio de AP



MUNICIPALIDAD DE MIXCO ASIGNACIÓN Y EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO, AÑOS 2016-2020				
AÑO		ASIGNADO		EJECUTADO
2016	Q.	2,356,427.51	Q.	848,302.33
2017	Q.	12,254,908.42	Q.	8,126,432.70
2018	Q.	34,436,898.69	Q.	32,416,847.26
2019	Q.	34,455,566.29	Q.	22,012,069.02
2020	Q.	60,366,044.82	Q.	40,859,158.12

Sin otro particular me suscribo atentamente,

*Berta Julia Ramírez Tablas de Avalos*  
Berta Julia Ramírez Tablas de Avalos  
Jefa Departamento de Presupuesto

*Va. Bo. Douglas Estuardo Contreras Jacinto*  
Va. Bo. Douglas Estuardo Contreras Jacinto  
Director de DAFIM

*¡Trabajando por nuestra Ciudad!*


Dirección: 4ta. Calle 4-98 Zona 1, Mixco  
PBX: 2307-7300  
info@munitmixco.gob.gt  
Ciudad de Mixco, Guatemala

www.munitmixco.gob.gt

*Nota.* Cuadro de asignación y ejecución presupuestaria del servicio de AP, años 2016-2020  
Dirección Financiera Departamento de Presupuesto. (2021). Oficio No. 234-2021-PRESU.  
Municipalidad de Mixco.


### Anexo 3.

Oficio 0200-2022/DI/WY/dp

 **Muni Mixco**  
¡Trabajando por nuestra Ciudad!

DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA

Ciudad de Mixco, 11 de Febrero 2022  
Of. No. 0200-2022/DI/WY/dp





Gabriela Leiva  
Analista  
Unidad de Acceso a la  
Información Pública  
Municipalidad de Mixco  
Presente

Estimada:

Por este medio se copia del inventario del alumbrado público realizado en el mes de diciembre en respuesta al oficio no. 069-2022-UIP-GCLL con la información solicitada.

Sin más que agregar me suscribo de usted.

Atentamente,

  
  
¡Trabajando por nuestra Ciudad!  
**Msc. Ing. William Yon**  
Director de Infraestructura


Dirección: 4ta. Calle 4-88 Zona 1, Mixco  
PBX: 2307-7300  
info@muniMixco.gob.gt  
Ciudad de Mixco, Guatemala

www.munimixco.gob.gt 


*Nota.* Oficio de respuesta. Dirección Financiera Departamento de Presupuesto (2021). *Inventario de alumbrado.* Municipalidad de Mixco

## Anexo 4.

### Inventario de Luminarias en el municipio de Mixco



**GAUSS**  
NACIONAL DE INSTALADORES



**EEGSA**  
Grupo epy

### ACTA PRELIMINAR No.1

En el Municipio de MIXCO departamento de GUATEMALA siendo las 08:00 del día 20 de DICIEMBRE de 2021 los señores: Representantes de la Empresa Nacional de Instaladores GAUSS; empresa contratada por EEGSA, delegados para el conteo y el encargado de lecturas e instalaciones de EEGSA. El representante municipal designado para el conteo, para dejar constancia de lo siguiente:

Primero: Durante los días del 20 de MAYO al 20 de DICIEMBRE de 2021 realizaron el conteo de lámparas de alumbrado público del municipio y sus aldeas. Se hace el conocimiento de la Alcaldía Municipal, que para gestionar cualquier expediente relacionado con los cargos y saldos asociados con el Servicio de Alumbrado Público, se realizó un nuevo conteo de lámparas, dando como resultado la información presentada en APENDICE 1.

Segundo así mismo se hace constar que con la información de campo obtenida y presentada en el apéndice 1, se actualizará la base de datos de Alumbrado Público y se harán los cambios necesarios a la cuenta del número de identificación de suministro                      de Alumbrado Público, para hacerlos efectivos en el próximo periodo de facturación. Tercero: Los comparecientes manifestaron nuestra conformidad con el contenido de esta acta. No habiendo más que hacer constar, se da por finalizada la presente en el mismo lugar y fechas media hora después de su inicio, la cual fue leída íntegramente a quienes intervinieron en la misma y bien enterados de su contenido, la ratifican, aceptan y firman. (Fs.)




**Luis Rivas**  
Representante de la empresa  
GAUSS




**Alberto**  
Representante del conteo  
de la Municipalidad

Encargado de lecturas e instalaciones



20 DIC 2021



**Muni Mixco**  
Alumbrado Público

UNIDAD DE ALUMBRADO PÚBLICO  
**APÉNDICE 1: NO MEDIDAS**

	LED - 10	LED - 15	LED - 20	LED - 25	LED - 30	LED - 40	LED - 50	LED - 65	LED - 100	LED - 134	LED - 150	FLUORESCENTE - 35	FLUORESCENTE - 65	FLUORESCENTE - 85	FLUORESCENTE - 105	SODIO - 70	SODIO - 100	SODIO - 150	SODIO - 250	SODIO - 400	SODIO - 1000	MERCURIO - 175	MERCURIO - 400	MERCURIO - 1000	HALOGENA - 1000	CAMARA	CRONOMETRO	DIRECCIONAL	MUPI	SEMAFORO	TRANSURBANO	TOTAL
1	0	0	2	0	28	39	5	0	1	1	0	0	1	1	1	48	1679	0	556	445	4	152	0	2	8	23	0	1	25	0	0	3222
2	0	0	0	0	0	3	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	695	0	229	173	0	7	0	0	2	8	0	17	27	9	0	1144
3	7	0	0	0	0	8	0	0	4	0	33	0	0	0	0	1	719	0	178	118	0	5	4	0	2	9	3	0	41	23	0	1185
4	8	0	2	0	3	5	69	2	21	0	8	0	66	0	0	26	1801	2	938	335	0	14	11	0	2	30	2	27	45	48	2	3469
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	587	1	367	56	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1019
6	0	0	0	0	1	47	12	0	11	0	3	0	0	1	0	21	2811	0	1357	234	0	49	1	12	5	54	0	0	1	0	0	4620
7	17	0	10	5	2	45	4	0	9	0	7	1	0	1	0	3	1586	0	359	145	0	31	0	0	8	10	0	0	9	10	0	2263
8	3	0	3	0	0	59	18	0	4	0	2	0	2	7	10	10	2824	0	1235	246	0	46	2	0	0	34	0	31	75	9	0	4622
9	0	0	3	0	4	2	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	614	0	108	19	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	761
10	0	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1493	0	368	42	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1932
11	5	2	1	0	3	3	4	0	0	2	0	1	4	0	0	1	1561	0	308	94	0	28	0	0	0	2	0	0	0	5	0	2024
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>41</b>	<b>229</b>	<b>120</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>54</b>	<b>11</b>	<b>71</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>113</b>	<b>16338</b>	<b>3</b>	<b>6003</b>	<b>1907</b>	<b>4</b>	<b>345</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>27</b>	<b>170</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>228</b>	<b>99</b>	<b>2</b>	<b>26031</b>

Nota. Acta de inventario de luminarias. Dirección Financiera Departamento de Presupuesto.  
(2021). Acta preliminar 1. Municipalidad de Mixco.



## Anexo 5.

### Especificaciones técnicas de luminarias All In One, línea BST-L02





#### 03. Product Specifications

Model	BST-AIO-60-L02	BST-AIO-120-L02	BST-AIO-180-L02
Wattage	60W	120W	180W
Battery	32650 Lifepo4 3.2V/10000mAh	32650 Lifepo4 3.2V/15000mAh	32650 Lifepo4 3.2V/20000mAh
Chips	SMD5730 240pcs	SMD5054 330pcs	SMD5054 396pcs
Color temp	6000K	6000K	6000K
Lumen	6000LM	12000LM	18000LM
Solar Panel	Monocrystalline silicon 6V/12W	Monocrystalline silicon 6V/20W	Monocrystalline silicon 6V/30W
Lighting Model	Light Control+move sensor+Remote	Light Control+move sensor+Remote	Light Control+move sensor+Remote
lighting Time	12-15h sustainable lighting	12-15h sustainable lighting	12-15h sustainable lighting
Charging Time	6-7 Hrs(If Sunshine)	6-7 Hrs(If Sunshine)	6-7 Hrs(If Sunshine)
Working Temperature	-20°C ~ +60°C	-20°C ~ +60°C	-20°C ~ +60°C
Materials	Aluminum Die-Casting		
IP Rating	IP65	IP65	IP65
Lamp Size	490*235*60mm	652*267*61mm	775*292*76mm
Lamp Box Size	520*305*65mm	673*275*85mm	785*300*80mm
Packing	4PCS/CTH	3PCS/CTH	3PCS/CTH
Carton Size	550*375*260mm	668*310*295mm	790*330*315mm
G.W.	15 KGS	14 KGS	17 KGS
Warranty	2 Years		

*Nota.* Especificaciones técnicas de luminarias. Guanzhou Best Electronic Technology Co., Ltd.  
(s.f.). *Hoja técnica.*

## Anexo 6.

### Cotización de luminarias All In One, línea BST-L02

<div>  <b>Guangzhou Best Electronic Technology Co., Ltd</b>  <small>www.entelechenergy.com</small>  <small>Office: 5/F, C District, No. 98, Road 9, Pacific Industrial Zone, Xintang Town, Zengcheng District, Guangzhou, China</small>  <small>Contact Person: Gina Huang    Tel: 0086-020-82787153    Mobile: 0086-13143685375    Email: sale20@entelechenergy.com</small> </div>						
L02 All In One Solar Street Light Quotation						
No.	Photo	Lamp size(cm)	Specification	Package size	Qty/ pcs	Unit price/USD
BST-AIO-60-L02		49*23.5*6	<p>Solar Panel: Monocrystalline silicon (6V/12W)  LED: SMD5730 240 pcs, Brightness increased by 30% compared to the old model  Waterproof rating: IP65  Battery: 3.2 V / 10000 mAh  Charging time: 6-7h  Lighting time: 12-15h sustainable lighting</p> <p>Function: light control + move sensor (full bright for someone, 20% bright for none) + time control with LED screen to display the battery power radar induction head built in, not exposed, not easy to damage in transit</p> <p>Battery cover and glass can be opened and replaced easily  Longer embrace hoop to resistance the typhoon  Housing material: aluminium  Lamp size: 490*235*60mm</p>	<p>Color box size: 53*25*9cm  2.8KG/PCS  4pcs/box  Carton size: 55*39*37cm  FCL weight: 12KG</p>	50-100	\$29.30
BST-AIO-120-L02		65.2*26.7*6.1	<p>Solar Panel: Monocrystalline silicon (6V/20W)  LED: SMD5730 600 pcs, Brightness increased by 30% compared to the old model  Waterproof rating: IP65  Battery: 3.2 V / 15000 mAh  Charging time: 6-7h  Lighting time: 12-15h sustainable lighting</p> <p>Function: light control + move sensor (full bright for someone, 20% bright for none) + time control with LED screen to display the battery power radar induction head built in, not exposed, not easy to damage in transit</p> <p>Battery cover and glass can be opened and replaced easily  Longer embrace hoop to resistance the typhoon  Housing material: aluminium  Lamp size: 652*267*61mm</p>	<p>Color box size: 67.3*28*8.5cm  4KG/PCS  3pcs/box  Carton size: 68.5*28*29.5cm  FCL weight: 12.8KG</p>	50-100	\$44.17
BST-AIO-180-L02		77.5*29.2*7.6	<p>Solar Panel: Monocrystalline silicon (6V/30W)  LED: SMD5730 720 pcs, Brightness increased by 30% compared to the old model  Waterproof rating: IP65  Battery: 3.2 V / 20000 mAh  Charging time: 6-7h  Lighting time: 12-15h sustainable lighting</p> <p>Function: light control + move sensor (full bright for someone, 20% bright for none) + time control with LED screen to display the battery power radar induction head built in, not exposed, not easy to damage in transit</p> <p>Battery cover and glass can be opened and replaced easily  Longer embrace hoop to resistance the typhoon  Housing material: aluminium  Lamp size: 775*292*76mm</p>	<p>Color box size: 80*30*10cm  5.4KG/PCS  3pcs/box  Carton size: 81*33*32.5cm  FCL weight: 17.2KG</p>	50-100	\$57.28
<p>Remark:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. EXW Guangzhou</li> <li>2. 2 Years warranty</li> <li>3. MOQ: 100 pcs</li> <li>4. Neutral package</li> <li>5. Package customize MOQ: 500pcs</li> <li>6. Delivery time 15-25 days after payment.</li> </ol>						

Nota. Cotización de luminarias. Guanzhou Best Electronic Technology Co., Ltd. (s.f.). Cotización.

## Anexo 7.

### Especificaciones técnicas luminarias All In One, línea IST11 series

IST11 Series   Specifications						
Led Source	IST11-40W	IST11-50W	IST11-60W	IST11-80W	IST11-100W	IST11-120W
Mono Solar Panel	18V 65W	18V 70W	18V 80W	18V 100W	18V 130W	18V 140W
LifePO4 Battery	12.8V 27AH	12.8V 36AH	12.8V 42AH	12.8V 57AH	12.8V 63AH	12.8V 72AH
LED ( Bridgelux )	3030/96PCS	3030/144PCS	3030/144PCS	3030/192PCS	3030/240PCS	3030/288PCS
Color Temperature	2700K-6500K , RA>70					
Brightness	>180LM/W					
Working Time	12-15hours, 10-12 cloudy/ rainy days					
Charging Time	6-8hours					
Mounting Caliber	70-76mm ( suggestion )					
Working Temperature	-25°C - +65°C					
Body Sensor	160° , >9m , Activated by customer's need					
Battery Power Indicators	100%-75%-50%-25%					
Fault indicator	RED/BLUE/GREEN					
IP Rating/IK Class	IP65/IK10					
Mounting Height	6-7m	6-8m	6-8m	8-9m	9-11m	10-12m
Space between 2 lamps	20-25m	20-25m	20-25m	25-30m	30-35m	35-40m
Warranty	3 years / 5 years					



Nota. Especificaciones de luminarias. Shanghai CHZ Lighting Co.,Ltd. (s.f.). Cotización.

## Anexo 8.

Cotización luminarias All In One, línea IST11 series

# CHZ<sup>®</sup>

## QUOTATION SHEET

TO:			FROM:			
Mr. Martín de León Fectum Group S.A. Add: Guatemala  Mobil: +502 30658855			Camille Ye Shanghai CHZ Lighting Co.,Ltd Add: No.518, Xiangjiang Road, Shanghai, China  Mobil: +86 18721906748			
Ref No.: CHZ-CY-2022082301						
No.	Model.	Picture	Specification	Qty (PCS)	Unit Price (USD)	Amount (EXW)
1	SOLAR STREET LIGHT CHZ-IST11-80W		* CCT: 4000 k * Beam angle TYPE I * Motion sensor * Battery:LiFePO4 57AH/12.8V * Luminaire efficiency:170lm/w * Philips 3030 led chip * 3 years warranty	24	281	\$6,744
2	SOLAR STREET LIGHT CHZ-IST11-120W		* CCT: 4000 k * Beam angle TYPE I * Motion sensor * Battery:LiFePO4 72AH/12.8V * Luminaire efficiency:170lm/w * Philips 3030 led chip * 3 years warranty	24	347	\$8,328
			TOTAL AMOUNT(EXW)			\$15,072
Remarks:						
1) Incoterms:		EXW				
2) Bank fee:		All bank charges are to be borne by remitter				
3) Lead Time:		10~25 working days.				
4) Payment Terms:		T/T 30% down payment in advance, TT 70% balance paid off before shipment.				
5) Warranty:		3 years warranty.				
6) Others:		The price does not include special requests' costs.				
7) Period of Validity:		30 days since quotation date.				

Nota. Cotización de luminarias. Shanghai chz lighting co.,ltd. (2022). Cotización.

## Anexo 9.

### Especificaciones técnicas luminarias All in One 60w

LED	150lm/W, 2700-6500K
Lúmens	9000
Batería	Batería Li-ion 12.8V/36AH
Panel Solar	Monocristalino de Alta Eficiencia 18V 70W
Tiempo de Carga Solar	6 horas
Autonomía	Más de 4 noches seguidas
Altura de instalación sugerida	de 9 a 10 metros
Grado de protección	IP67
Rango de temperatura ambiente	de -25° a 65°C
Material	Aleación de aluminio y vidrio reforzado
Área de iluminación	225 m²
Medidas	113 x 45.8 x 14 cm
Peso de la luminaria	16.5 Kg
Control Remoto	Incluido
Garantía	5 años
Vida útil	25 años
Retorno de Inversión estimada	1.7 años

#### Modos de funcionamiento

A diferencia de la iluminación tradicional, las luminarias solares pueden regular el consumo de la energía para su funcionamiento. Las luminarias Liki tienen 4 modos de funcionamiento programables con su control remoto.

#### Modo L

control de luz

100% de luz durante toda la noche  
(Programación disponible únicamente bajo pedido)

#### Modo M

sensor de microondas

100% de luz cuando detecta movimiento y  
30% de luz en ausencia de movimiento

#### Modo T

control de tiempo

100% de luz durante 4 horas,  
25% de luz durante las próximas horas

#### Modo U

combinación de T y M

100% de luz durante 4 horas,  
30% de luz en ausencia de movimiento

*Nota.* Especificaciones de luminarias. Liki Guatemala. (s.f.). *Hoja técnica.*


## Anexo 10.

### Cotización luminarias All In One 60W



Guatemala, 18 de Octubre de 2022

#### Cotización Luminaria 60W

	Cant.	Descripción	P. Unitario	Total
	22	Luminaria solar LED 60W - 9,000 lm Incluye: - Control remoto - Brazo de soporte - Abrazaderas + tornillería	Q 4,400.00	Q 96,800.00
	22	Postes de acero 9mt. de altura galvanizado ligero de Ø 4" y 3" liso, espesor de 3.10 mm, sección circular, con platina de 3/8" de espesor de 25 x 25 cms. con perforaciones de 3/4".	Q 2,925.00	Q 64,350.00
	22	Base de 30 x 30 x 50cms., armadura de acero grado 70 tipo Armatit, concreto 3000 PSI, con esperas de barra rosada de 3/4" de diámetro en acero B7 Gr.60, incluyen tuercas y roldanas.	Q 610.00	Q 13,420.00
	22	Instalación Completa	Q 650.00	Q 14,300.00
		Flete + Traslado de equipo		Q 1,300.00
		Materiales de instalación		Q 600.00
<b>Total</b>			<b>Q 190,770.00</b>	
	22	Descuento por Volumen en Luminarias	-(Q 250.00)	-(Q 5,500.00)
<b>Total</b>			<b>Q 185,270.00</b>	

Un producto de 

Nota. Cotización de luminarias. Liki Guatemala. (2022). Hoja técnica.

## Anexo 11.

### *Cotización servicio de transporte y tramite de DUCA*



Guatemala, 21 de octubre 2022.

Estimado ING.  
Martin de León

Por medio de la presente me dirijo a usted, deseándole éxitos en este día, el motivo de nuestro saludo es para compartirle el dato de la cotización solicitada.

ELABORACION Y TRAMITE PQ	FLETE DE PQ - ALCALDIA AUXILIAR SATELITE BOULEVVAR PRINCIPAL 5-59 ZONA 9 DE MIXCO CIUDAD SATELITE
Q900.00	Q2,500.00

Esperando su pronta y amable respuesta, me despido de usted.

Muy atentamente,

Antonio Puluc  
Gerente General  
LOGITRANS PC

logitranspc21@gmail.com Tel. 5442-8366 5635-6635 4276-6875 5839-8339

*Nota. Cotización de servicios. LogiTransPC. (2022). Cotización.*

## Anexo 12.

### *Precio alcohol Isopropílico*



Tienda / Productos de Laboratorio

## ALCOHOL ISOPROPÍLICO GALÓN

**Q110.00**

**Añadir a la cesta**

Alto grado de pureza 99.99%.  
Desinfección de superficies, uso  
industrial y de laboratorio.

*Nota.* Este líquido se utilizará para la limpieza de los paneles. ALQUIMICA. (2022). *Alcohol Isopropílico*. (<https://www.alquimica.com.gt/tienda/ALCOHOL-ISOPROPILICO-GALON-p297585431>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.



## Anexo 13.

### *Precio paño de microfibra 3M*



#### **Paños Microfibra 3M**

Paños Microfibra de Alto Rendimiento que permiten la limpieza en seco reduciendo el consumo de agua y productos químicos

Disponibles en 4 colores para diferenciar la aplicación y evitar contaminación cruzada

Tamaño: 36 x 36 cm

Compuesto por microfibras de poliéster y nylon

Presentación: Paquete 6x1 colores azul, rojo, amarillo y verde.

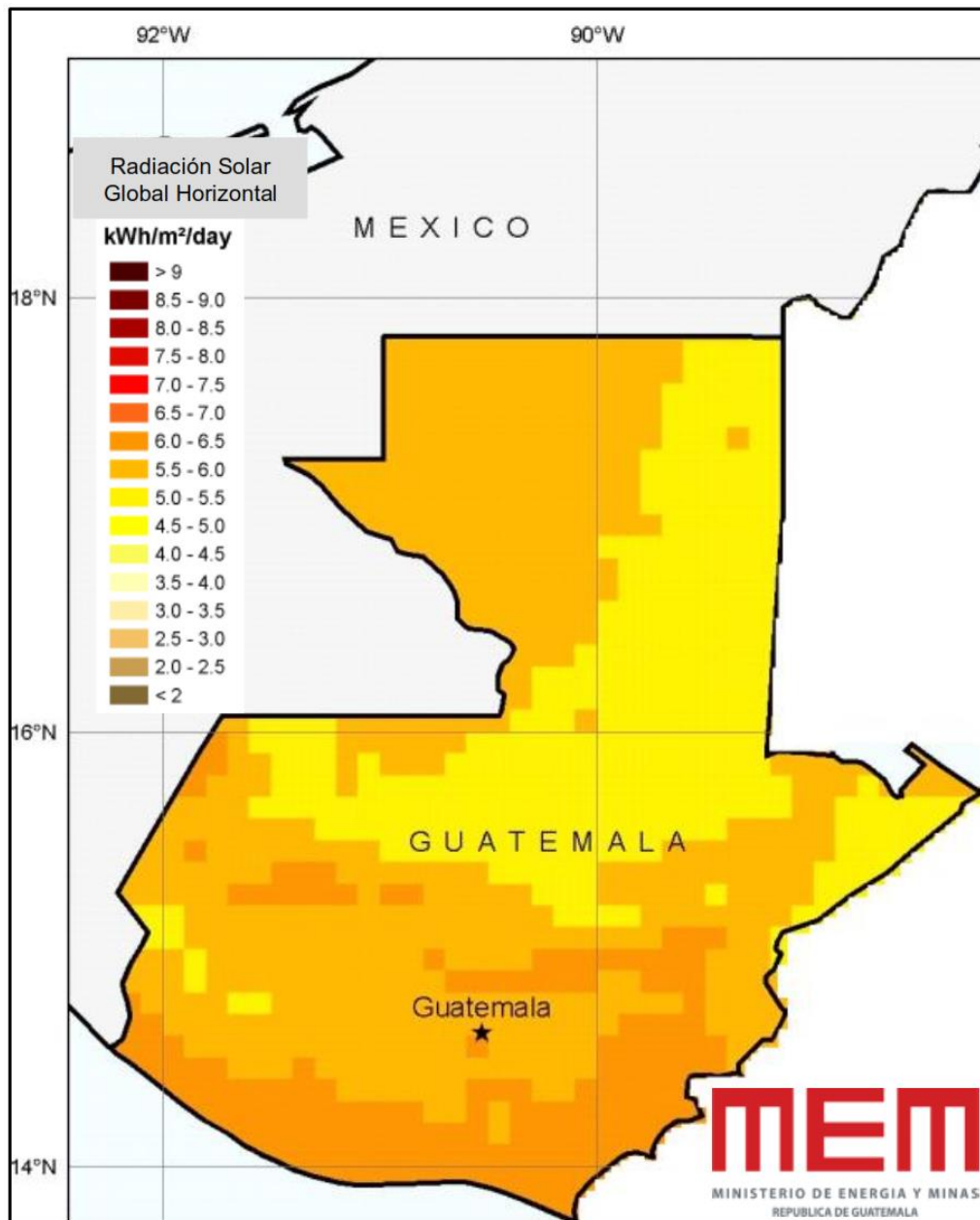
~~Q17.79~~

Q15.59

*Nota.* Se utilizarán para la limpieza. DISQUINSA. (2022). *Paños microfibra 3M.* (<https://disquinsa.com/producto/panos-de-limpieza/>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.

## Anexo 14.

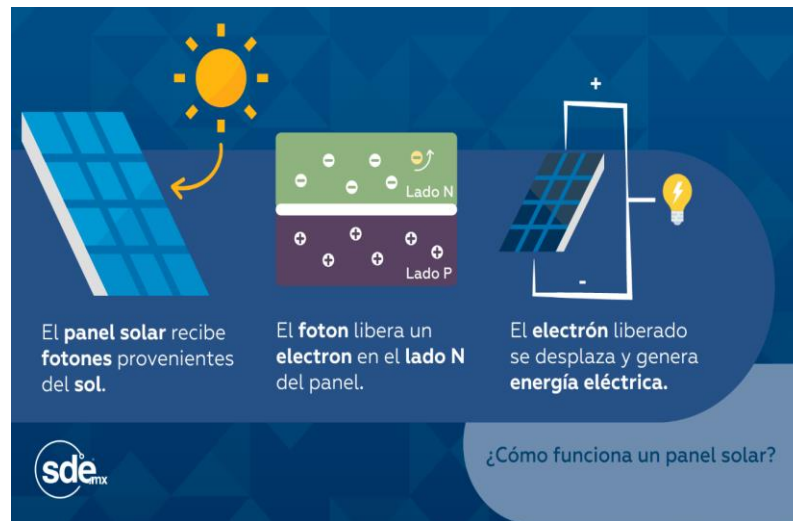
### Mapa de potencial solar



Nota. Potencia solar en Guatemala. Energía Solar en Guatemala. (2018). Mapas de potencial eólico y solar. (<https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.

## Anexo 15.

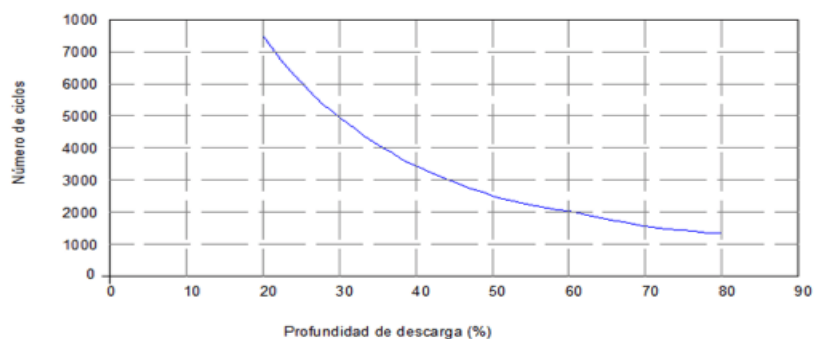
### *Funcionamiento de un panel solar*



*Nota.* Funcionamiento de panel solar. SDE.mx. (2015). ¿Cómo funciona un panel solar? (<http://www.sde.mx/como-funciona-un-panel-solar/>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.

## Anexo 16.

### *Vida útil en ciclos y profundidad de descarga de baterías estacionarias*



*Nota.* Baterías estacionarias. Blog TECNOSOL. (2016) *Energía Solar baterías*. (<https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>), consultado el 12 de mayo de 2023. De dominio público.