



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE SISTEMAS DE
TELEGESTIÓN PARA LA ILUMINACIÓN EFICIENTE CON
LUMINARIAS DE TECNOLOGÍA LED EN LOS PRINCIPALES
PARQUES CÉNTRICOS DE LA CIUDAD DE PUNO - 2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN CARLOS JINCHUÑA ILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A Dios, por haberme guiado en mi camino hasta lograr este objetivo y toda mi vida.

A mi madre Flora Illa C., por haberme dado la vida, por su comprensión, amor y apoyo incondicional durante todos los años de mi formación profesional.

A mi familia en general, por toda su solidaridad bondadosa hacia mí.

A mi persona favorita, M.R., por su apoyo y comprensión.

Juan C. Jinchuña



AGRADECIMIENTO

A la toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, quienes impartieron conocimientos y experiencias que fueron parte muy importante de mi formación profesional.

A mi familia en general, especialmente a mi madre por su apoyo, consejo y solidaridad infinita hacia mi persona durante toda mi vida. Muy agradecido y espero ser un orgullo.

A mis amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por su amistad. Y a todas las personas que me brindaron su apoyo durante los cinco años de mi formación profesional.

A mi asesor de tesis, M.Sc. Juan Renzo Illacutipa M. por su asesoría para la realización de la presente tesis, y a todos los miembros del jurado calificador.

Juan C. Jinchuña



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. Problema general.....	18
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA	19
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.2. SUSTENTO TEÓRICO	23
2.2.1. Conceptos generales de iluminación LED.....	23
2.2.2. LED (Light-Emitting Diode)	35
2.2.3. Aplicaciones de la tecnología LED.....	49
2.2.4. Vida y depreciación luminosa de luminarias LED	51
2.2.5. Eficiencia de las luminarias LED.....	53
2.2.6. Estabilidad del color de luminarias LED.....	53
2.2.7. Alumbrado público con luminarias LED	56
2.2.8. Eficiencia energética	65
2.2.9. Telegestión.....	66



2.2.10. Sistemas de control	68
2.2.11. Telegestión del alumbrado público con LEDs.....	71
2.2.12. Módulos de sistema de telegestión.....	74
2.2.13. Transmitancia en telegestión	75
2.2.14. Software de sistema de telegestión	78
2.2.15. Análisis económico de proyectos.....	79
2.2.16. Valor Actual Neto (VAN)	79
2.2.17. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	80
2.3. MARCO LEGAL.....	81
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	82
2.4.1. Hipótesis general.....	82
2.4.2. Hipótesis específico	83
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	84
2.6. ESQUEMA DE FORMULACIÓN CAUSA – EFECTO	85
2.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..	86

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	87
3.1.1. Tipo de investigación	87
3.1.2. Diseño de la investigación.....	88
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	89
3.2.1. Población	89
3.2.2. Muestra	89
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	90
3.3.1. Metodología de investigación.....	91
3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	92
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	93
3.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN	94
3.6.1. Ubicación geográfica.....	94
3.6.2. Condiciones climatológicas	95



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	97
4.1.1. Situación actual del alumbrado público.....	97
4.1.2. Calidad del servicio de alumbrado público.....	102
4.1.3. Base de datos del sistema de alumbrado público.....	106
4.1.4. Consumo de energía eléctrica.....	109
4.1.5. Punto de alimentación de energía eléctrica.....	113
4.1.6. Funcionalidades que se desea lograr con el sistema de telegestión.....	116
4.1.7. Análisis y selección de sistemas de telegestión de alumbrado público para parques.....	116
4.1.8. Propuesta de sistema de telegestión.....	125
4.2. DISCUSIÓN	158
V. CONCLUSIONES	161
VI. RECOMENDACIONES	162
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
ANEXOS	167

Área: Electricidad.

Tema: Instalaciones Eléctricas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de enero de 2020.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Eficiencia vs. eficacia	36
Tabla 2: Colores de LED´s.	41
Tabla 3: Cuadro comparativo COB vs. SMD.....	45
Tabla 4: Iluminación según tipo de lámpara.....	62
Tabla 5: Datos técnicos de luminarias exteriores.....	62
Tabla 6: Protección IP contra objetos y suciedad	64
Tabla 7: Protección IP contra agua y humedad	64
Tabla 8: Protección IP contra golpes.....	65
Tabla 9: Operacionalización de variables.....	84
Tabla 10: Matriz de consistencia.....	86
Tabla 11: características Ambientales.....	95
Tabla 12: Cantidad de luminarias actualmente instaladas – Parque Pino.	106
Tabla 13: Cantidades de luminarias actualmente instaladas – Parque de las Aguas. ...	106
Tabla 14: Estado de luminarias(operativa/inoperativa) actualmente en el Parque de las Aguas.	107
Tabla 15: Total de luminarias instaladas actual Parque Santa Rosa	108
Tabla 16: Consumo De Energía Eléctrica Según Luminaria, Parque Pino.	109
Tabla 17: Cuadro Resumen de Consumo de energía eléctrica, Parque Pino.....	110
Tabla 18: Consumo De Energía Eléctrica Según Luminaria, Parque de las Aguas.....	110
Tabla 19: Consumo de energía actual, Parque de las Aguas	111
Tabla 20: Consumo de energía (Diario, Semanal, Mensual, Anual)	111
Tabla 21: Consumo de energía, Parque Santa Rosa.....	112
Tabla 22: Resumen de energía consumida, Parque Santa Rosa.....	112
Tabla 23: Ventajas del sistema de telegestión del Grupo PRILUX Iluminación.....	117
Tabla 24: Arquitectura de Telegestión – Grupo Prilux	118
Tabla 25: Ventajas del sistema de telegestión de LUMIDIN S.A.	119
Tabla 26: Arquitectura de telegestión - LUMIDIM S.A.	120
Tabla 27: Ventajas del sistema de telegestión NIMBUS Smart Cities.	121
Tabla 28: Arquitectura de telegestión - NINBUS Smart Cities.....	121
Tabla 29: Ventajas del sistema de telegestión Owlet Grupo Schröder.....	122
Tabla 30: Arquitectura del sistema de telegestión OWLET Grupo Schröder	123
Tabla 31: Ventajas del sistema de telegestión WeLight.....	123



Tabla 32: Arquitectura de telegestión WeLight.....	124
Tabla 33: Características del Controlador de Luminaria LUCO P7 CM	125
Tabla 34: Propuesta Técnica de Prestaciones de Sistema de Telegestión.....	128
Tabla 35: Actividades de Mantenimiento Preventivo.	130
Tabla 36: Actividades de mantenimiento Correctivo.....	131
Tabla 37: Selección de luminaria LED para telegestión	131
Tabla 38: Vida útil de luminarias LED con y sin sistema de telegestión.....	132
Tabla 39: Características de la luminaria VALENTINO LED - Schröder.....	134
Tabla 40: Propuesta de Variación de intensidad luminosa por horarios Parque Pino...	136
Tabla 41: Propuesta de variación de intensidad de iluminación para el sistema de telegestión, Parque de las Aguas	137
Tabla 42: Propuesta de variación de intensidad de iluminación para el sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.	137
Tabla 43: Consumo de energía en Parque Pino con Sistema de Telegestión.	139
Tabla 44: Comparación de consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque Pino.....	139
Tabla 45: Consumo de energía eléctrica del parque de las Aguas, con luminarias LED telegestionadas.	140
Tabla 46: Comparación de consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque de Las Aguas.....	141
Tabla 47: Consumo de energía con luminarias LED telegestionadas, Parque Santa Rosa	142
Tabla 48: Comparación de consumo de energía con y sin telegestión, Parque Santa Rosa.	142
Tabla 49: Cuadro Resumen de consumo de energía anual y ahorro con y sin telegestión	144
Tabla 50: Análisis de disminución de emisiones de CO2	144
Tabla 51: Componentes requeridos para Sistema de Telegestión OWLET Schröder...	146
Tabla 52: Montaje y/o instalación del Sistema de Telegestión OWLET Schröder para el Parque de Las Aguas	146
Tabla 53: Costo total de instalación y montaje del Sistema de Telegestión OWLET. .	147
Tabla 54: Costos de Componentes para Sistema de Telegestión WeLight	148
Tabla 55: Costos de montaje e instalación del Sistema de Telegestión WeLight	148



Tabla 56: Costo total referencial de instalación y montaje del Sistema de Telegestión WeLight	149
Tabla 57: Tarifa BT5C- Tarifa Con Simple Medición De Energía 1E - Alumbrado Público	149
Tabla 58: Pliego Tarifario del servicio Público de Electricidad - 2019	150
Tabla 59: Costos de consumo de energía, Parque Pino.....	151
Tabla 60: Costos de consumo de energía, Parque de las Aguas	151
Tabla 61: Costos de consumo de energía, Parque Santa Rosa.....	151
Tabla 62: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque Pino....	152
Tabla 63: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque de las Aguas	152
Tabla 64: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque Santa Rosa.	152
Tabla 65: Comparación de costos de consumo de energía con y sin sistema de telegestión	153
Tabla 66: Gráfico demostrativo de comparación de costos de consumo de energía con y sin telegestión.....	153
Tabla 67: Costos y recuperación de inversión.....	154



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Driver de una luminaria LED	24
Figura 2: Espectro de la radiación electromagnética.	25
Figura 3: Curvas de eficiencia espectral fotópica y escotópica.	26
Figura 4: Proceso de radiometría a fotometría.....	27
Figura 5: Pequeña parte del espectro electromagnético que al incidir en el ojo humano provoca las sensaciones de claridad y color.	28
Figura 6: Intensidad Luminosa emitida por una fuente puntual	29
Figura 7: Iluminancia	29
Figura 8: Iluminancia en el alumbrado público	30
Figura 9: Luminancia	31
Figura 10: Cálculo de luminancia en un punto de Luz.....	32
Figura 11: Luminancia en alumbrado público.	32
Figura 12: Temperatura de color de algunas fuentes luminosas.	35
Figura 13: Partes de un LED.....	38
Figura 14: Unión P-N.....	39
Figura 15: Funcionamiento de un diodo.....	40
Figura 16: Frecuencia, Color y Material de un LED.....	42
Figura 17: Modelo RGB (Red, Green y Blue).....	42
Figura 18: Esquema interno de un LED RGB.	43
Figura 19: Tecnología Chip on Board.....	44
Figura 20: Tecnología de Montaje en Superficie.....	44
Figura 21: Tecnología de montaje de LED's.....	45
Figura 22: Datos de LSF de fabricantes y de registros sobre fallas de lámparas de sodio de alta presión (Manzano, 2019).....	47
Figura 23: Depreciación de luminarias en función de la contaminación ambiental (Manzano, 2019).....	47
Figura 24: Iluminación de Avenidas.	50
Figura 25: Iluminación Cuzco, Perú.....	50
Figura 26: Iluminación de estadios.	51
Figura 27: L70 es el tiempo de uso hasta que el flujo luminoso alcanza el setenta por ciento (70%) del valor inicial	52
Figura 28: Depreciación luminosa y el porcentaje de LEDs que alcanzan dicho valor. .	52



Figura 29: Representación esquemática del estado de falla de una luminaria LED.	53
Figura 30: $\Delta u'v'$ como indicador del cambio de color en luminarias LED.	54
Figura 31: Elipses de MacAdam como indicadores del cambio de color en luminarias LED.	54
Figura 32: Flujo luminoso en función de la vida y de la temperatura de juntura del LED.	55
Figura 33: Alumbrado público con luminarias LED.....	56
Figura 34: Luminaria tipo retrofit	58
Figura 35: Partes de una luminaria LED (Vista de planta).....	59
Figura 36: Partes de una luminaria LED (Vista lateral)	59
Figura 37: Evolución de la luminaria de tecnología LED	61
Figura 38: Evolución Lumínica	61
Figura 39: Regulación analógica.....	70
Figura 40: Modulación por ancho de pulso.	71
Figura 41: Telegestión de alumbrado público	72
Figura 42: Sistema de telegestión (Trasmisión inalámbrica)	76
Figura 43: Software de sistema de telegestión de alumbrado público	79
Figura 44: Representación gráfica de la TIR.....	81
Figura 45: Luxómetro Digital Gm1010,0.....	94
Figura 46: Ubicación general.....	94
Figura 47: Ubicación geográfica de la ciudad de Puno.....	95
Figura 48: Resumen de datos de condiciones climatológicas de Puno	96
Figura 49: Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual	96
Figura 50: Estado actual de alumbrado Parque Pino.....	97
Figura 51: Tipo de iluminación actual del Parque Pino.	98
Figura 52: Situación actual del Parque de las Aguas, Puno.	99
Figura 53: Luminarias actuales instaladas en el parque.	99
Figura 54: Luminaria actual ornamental del tipo fluorescente (Luminaria convencional- farola)	99
Figura 55: Calidad de Iluminación Parque de las Aguas	100
Figura 56: Sistema de alumbrado actual del Parque Santa Rosa.	101
Figura 57: Estructura y luminaria actual Parque Santa Rosa.....	101
Figura 58: Puntos de medición con Luxómetro.	104



Figura 59: Estadística de la situación actual de la iluminación del Parque de las Aguas.	108
Figura 60: Ubicación del alimentador de energía hacia el parque Pino.....	113
Figura 61: Ubicación del alimentador de energía hasta el parque de las Aguas.....	114
Figura 62: Alimentador de energía hacia el parque Santa Rosa.	115
Figura 63: Beneficios de Propuesta, según sistema de telegestión elegida.	129
Figura 64: Vida útil de luminarias LED con y sin sistema de telegestión	133
Figura 65: Luminaria VALENTINO LED	133
Figura 66: Curva Isolux de la luminaria seleccionada	134
Figura 67: Diagrama polar de la luminaria LED seleccionada.....	135
Figura 68: Diagrama cartesiano de la luminaria LED seleccionada.	135
Figura 69: Variación de intensidad luminosa por horarios Parque Pino.	136
Figura 70: Variación de intensidad luminosa, parque de Las Aguas	137
Figura 71: Variación de intensidad de iluminación con el sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.	138
Figura 72: Consumo de energía con y sin telegestión, Parque Pino	140
Figura 73: Comparación de energía consumida (Alumbrado actual convencional Vs. Alumbrado propuesto).....	141
Figura 74: Consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.	143



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Acrónimo	Significado
CEDELEF	Convención de Empresas de Distribución Eléctrica
CIE	Comisión Internacional de la Iluminación
CLO	Constant Light Output
CO	Óxido de carbono
CO2	Dióxido de carbono
COB	Tecnología Chip on Board
DGE	Dirección General de Electricidad
DSSSM	Direct Sequence Spread Spectrum Modulation
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
IP	Ingress Protection (Grado de Protección)
LED	Light-Emitting Diode (Diodo emisor de luz)
LR-WPAN	Low-Rate Wireless Personal Área Network
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PLC	Programmable Logic Controller
SENAMHi	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SMD	Tecnología de Montaje en Superficie
TIR	Tasa Interna de Retorno
UV	Ultravioleta
VAN	Valor Actual Neto



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Circuito de alumbrado público con Telegestión LUMIDIM.....	167
ANEXO 2. Circuito de alumbrado público con telegestión PRILUX Iluminación	167
ANEXO 3. Circuito de alumbrado público con Telegestión WeLight	168
ANEXO 4. Circuito de alumbrado público con Telegestión NIMBUS	168
ANEXO 5. Circuito de alumbrado público con Telegestión OWLET Grupo Schröder	169
ANEXO 6. Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad - OSINERGMIN.	169
ANEXO 7. Evolución e incremento de tarifas eléctricas	170
ANEXO 8. Fotografías Parque de las Aguas – Setiembre 2019.....	170
ANEXO 9. Fotografías Parque de las Aguas – noviembre 2019.....	171
ANEXO 10. Alumbrado actual en el Parque Santa Rosa, Puno.....	172
ANEXO 11. Alumbrado actual en el Parque Pino.....	172
ANEXO 12. Especificaciones técnicas Luminaria LED Valentino.....	173
ANEXO 13. Luminaria LED Valentino	174
ANEXO 14. Montaje de Luminaria LED.....	175
ANEXO 15. Componente de Sistema de Telegestión.....	176
ANEXO 16. Diagrama de Montaje de Luminaria con componentes de Telegestión .	177
ANEXO 17. Detalle de Fococelda de Telegestión y receptáculo.....	178
ANEXO 18. Planos	180



RESUMEN

En la actualidad, la baja eficiencia energética en la iluminación de espacios públicos y el mal uso de la iluminación hacen evidente la necesidad de implementar mejoras en el sector energía. Un estudio reciente llevado a cabo por la Agencia Internacional de la Energía ha mostrado que entre el 30 y el 50% de la electricidad utilizada para el alumbrado podría ahorrarse invirtiendo en sistemas de alumbrado inteligentes, señala que la inversión no es únicamente ventajosa en términos económicos, medioambientales o de consumo de energía, sino que también puede mejorar la calidad de la iluminación. En el presente proyecto de tesis se demostrará, mediante diferentes criterios de valoración, que tener un sistema de telegestión para el alumbrado con luminarias LED en parques céntricos de la ciudad de Puno, es perfectamente viable técnica y económicamente. La presente tesis demostrará que los sistemas de telegestión para la iluminación o alumbrado con luminarias de tecnología LED ofrece soluciones de iluminación eficiente, optimizando la eficiencia energética reduciendo a su vez costes de mantenimiento con un coste total de propiedad significativamente menor, incrementando la esperanza de vida útil de las luminarias, y así mismo mejorando la calidad del alumbrado público para las personas. Posteriormente, mediante el estudio de todas las variables que integran un sistema de iluminación, se plantea una solución de alumbrado con luminarias de tecnología LED telegestionadas, se realiza el análisis del recambio de tecnología y finalmente se efectúa una comparación técnica-económica entre el sistema de iluminación actual versus el proyectado.

Palabras Clave: Telegestión, Luminaria de tecnología LED, iluminación, eficiencia, parque.



ABSTRACT

Currently, the low energy efficiency in the lighting of public spaces and the misuse of lighting make evident the need to implement improvements in the energy sector. A recent study carried out by the International Energy Agency has shown that between 30 and 50% of the electricity used for lighting could be saved by investing in smart lighting systems, points out that the investment is not only advantageous in economic terms, environmental or energy consumption, it can also improve the quality of lighting. In this thesis project, it will be demonstrated, through different evaluation criteria, that having a remote management system for lighting with luminaires in central parks in Puno city is technically and economically perfectly viable. This thesis will demonstrate that remote management systems for lighting or lighting with LED technology luminaires offer efficient lighting solutions, optimizing energy efficiency while reducing maintenance costs with a significantly lower total cost of ownership, increasing life expectancy useful of the luminaires, and also improving the quality of public lighting for people. Subsequently, by studying all the variables that make up a lighting system, a lighting solution with remote-controlled LED technology luminaires is proposed, an analysis of the technology replacement is carried out and finally a technical-economic comparison is made between the lighting system current and the new projected lighting.

Key Words: Telemanagement, LED technology luminaire, lighting, efficiency, park.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los denominados sistemas de control fueron evolucionando gracias a las diferentes tecnologías que actualmente se tiene, pues con los sistemas de control existentes en los mercados se pueden monitorear las variables que se deseen controlar y que sean medibles. Los sistemas de Telegestión son los que actualmente ayudan en un sistema adecuado de control para el alumbrado público, con ventajas incomparables, razón por la que se realizará el estudio técnico-económico para la implantación de un sistema de Telegestión de la iluminación pública de los principales parques de la ciudad de Puno.

El desarrollo de la presente tesis considera una evaluación integral del sistema de iluminación pública de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno, se inicia en realizar una inspección del estado situacional eléctrico, luminotécnico y de eficiencia del modelo actual de la luminaria usada para la iluminación, con el objetivo de determinar el estado del mismo.

Luego, se procede con la identificación de soluciones de sistemas de telegestión disponibles en el ámbito nacional e internacional, se efectúa un análisis económico y técnico de estos, considerando ya los elementos que integrarían el sistema de iluminación con telegestión.

Los resultados a obtenerse son los que determinarán las fortalezas y debilidades de un nuevo sistema de iluminación telegestionada y la factibilidad o no de su posible implementación en un futuro cercano.

La presente se ha distribuido en varios capítulos y subtemas los mismos que, se desarrollará a continuación brevemente sobre el contenido que trata cada uno de ellos.



1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, la iluminación en parques de la ciudad de Puno presenta varias deficiencias en el momento de iluminar el área, tal es el caso que la intensidad de la iluminación no está en la posibilidad de ser ajustada, la iluminación no es eficiente, no hay una medida concientizada sobre el consumo de energía eléctrica en el alumbrado en el espacio público, se reportan problemas de sobrecarga, existe necesidad de reprogramación según estación del año (Amanecer/Anochecer) o necesidad de sincronización, el coste de mantenimiento es elevado, no se toma en cuenta ningún sistema de control, permitiendo de esta manera, únicamente la iluminación de un área concreta con una intensidad de iluminación no variable y su respectivo apagado, tal como ha ido sucediendo hasta el día de hoy. En síntesis, actualmente, se tiene un sistema ineficiente de Alumbrado Público. Sin un sistema de telegestión no es posible obtener en tiempo real el estado de la luminaria, ni tampoco realizar un ajuste, no cumpliendo así los objetivos de ahorro de energía ni reducción de emisiones de CO₂ y gases similares. Los problemas constantes en los puntos de iluminación pueden causar eventos indeseables para la ciudadanía, por lo que es muy importante garantizar una iluminación eficiente de los parques.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿De qué manera podemos mejorar la iluminación pública de los principales parques de la ciudad de Puno, para así garantizar una iluminación eficiente energéticamente?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo podemos lograr una iluminación eficiente energéticamente en el alumbrado público de parques considerando las luminarias de tecnología LED telegestionadas?
- ¿Es posible optimizar la eficiencia energética en la iluminación de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno usando luminarias LED telegestionadas?
- ¿Cómo podemos efectuar un diagnóstico del estado situacional del alumbrado público convencional de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA

Actualmente se vive una tendencia a nivel mundial en conseguir eficiencia en el consumo de la energía eléctrica y, así como también, disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y gases contaminantes que se produce en la iluminación pública con luminarias convencionales. Y siendo la iluminación de espacios públicos el complemento esencial para el crecimiento económico; social y mejora del bienestar social, teniendo como finalidad proporcionar las condiciones básicas de iluminación para el tránsito seguro de unidades vehiculares y peatones en vías públicas, parques, plazas, plazoletas, jardines y demás espacios de libre circulación. Se considera que, a través de un alumbrado público basado en luminarias LED y la utilización de un sistema de telegestión adecuado y funcional, podemos llegar al ahorro energético y económico deseado, disminuyendo los impactos ambientales locales y lograr un ahorro energético y económico aceptable, calidad de iluminación, logrando de esta manera una iluminación eficiente de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno, iluminación con eficiencia energética, sin un sistema de telegestión no es posible obtener en tiempo real el estado de la luminaria,



ni tampoco realizar un ajuste, no cumpliendo así los objetivos de ahorro de energía ni reducción de emisiones.

En vista de las deficiencias y desventajas que se presentan actualmente los sistemas de iluminación de parques céntricos en la ciudad de Puno, es por ello que en el presente proyecto de tesis se pretende realizar un análisis técnico-económico de sistemas de telegestión con el fin dar una propuesta que dé como ventaja una eficiente iluminación con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Efectuar el análisis técnico-económico de sistemas de telegestión para lograr la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los sistemas de telegestión existentes para optimizar la eficiencia energética en iluminación con luminarias con tecnología LED.
- Realizar la comparación de ventajas técnicas y económicas que ofrece la iluminación con luminarias LEDs telegestionadas frente a la iluminación convencional que se tiene actualmente en los parques de la ciudad de Puno.
- Realizar un diagnóstico del estado actual del alumbrado público convencional del Parque Pino, parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

En la tesis denominada “Eficiencia Energética en el Alumbrado Público del Centro Histórico de Cuenca: Telegestión y Sustitución de Luminarias”, los autores concluyen, que el uso de LEDs en la iluminación pública puede ser muy ventajoso si se elige la luminaria adecuada según zona de ubicación y tipo de espacio público a iluminar, aunque el costo de implementación de LEDs es mayor que al costo de implementación de luminarias convencionales. Asimismo, concluyen que con un sistema de telegestión adecuado optimizaría las actividades de mantenimiento y mantenerse informado del estado actual de las luminarias (p. 146). Asimismo, indican que la iluminación con sistema de telegestión, en los casos puntuales en donde no se cumple con la uniformidad longitudinal, se requiere realizar nuevos estudios adicionales para mejorar las mismas.(Chabla & Córdova, 2015).

En la tesis titulada “Ahorro Energético en Alumbrado Público con el Desarrollo de un Prototipo de Sistema de Telegestión Remoto para Lámparas tipo LED de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A.”, el autor concluye que, para la implementación de un sistema de telegestión que incluya una red de comunicación es recomendable conservar el control de la base de datos contratado, ya que el volumen del tráfico que tendrá que manejar el controlador de segmento se incrementa con la cantidad de luminarias LEDs. Además, ya instalados los sistemas de comunicación es posible optimizar el sistema de telegestión implementando sensores de movimiento, detectores de movimiento y colaborar en conjunto colocando cámaras de seguridad y equipos de



seguridad para mejorar el servicio para la comunidad. La tecnología actual en seguridad es demasiado amplia. (Lora, 2018)

En el trabajo de investigación denominada “Eficiencia Y Mantenimiento De Luminarias Led En Alumbrado Público”, se indica que, la efectividad de las redes de iluminación con luminarias de tecnología LED está cercanamente ligado con el mantenimiento de las mismas. Inicialmente, la durabilidad y la utilidad de las instalaciones dependerán de una selección minuciosa de las características técnicas de las luminarias, y su funcionamiento dependerá de la buena conservación de las mismas. De la misma manera, menciona que la actividad de mantenimiento de redes de iluminación es más barata en cuanto a las instalaciones de iluminación con LEDs que con la iluminación con luminarias convencionales que actualmente existen. (Manzano, 2019).

En la tesis titulada “Propuesta de Implementación de un Sistema de Telegestión de Alumbrado Público para el Campus Universitario de la Universidad de la Nacional de Ingeniería” se concluye que, es importante que se evalué la operación del sistema de iluminación con la finalidad de optimizar aún más el ahorro del consumo de la energía como se observó en el análisis de sensibilidad. Asimismo, indica que, el gasto que se incurre en el servicio de alumbrado público es por el pago del servicio a la empresa concesionaria, el mantenimiento y reemplazo de los equipos de iluminación. De tal modo que, la tecnología actual genera elevados gastos por el servicio de electricidad, esto debido a que las luminarias convencionales están fabricadas para funcionar con mayor potencia y, a su vez, tienen un tiempo de vida menor que las luminarias de nuevas tecnologías. La iluminación con luminarias de tecnología LED puede obtener un ahorro en el consumo de energía eléctrica del 69% al implementar la tecnología de telegestión y de 36% al implementar solo la tecnología LED (Segama, 2017).



En el trabajo de investigación denominada “Telegestión Del Servicio De Alumbrado Público Inteligente Para El Parque Metropolitano El Tunal Ubicado En La Ciudad De Bogotá”, se concluye que, que iluminación con Luminarias de tecnología LED telegestionadas establece el significado real e alcance que tiene la iluminación pública en la calidad de vida de la población, este va más allá de brindar seguridad física, pasa a ser un factor que incita a la sana convivencia entre los barrios y sus comunidades. En resumen, el proceso de modernización del alumbrado público con luminarias LED telegestionadas contribuye al mejoramiento de la administración, operación; sumando la capacidad de actualización de base de datos para una mejor programación de las actividades de mantenimiento y una reducción de costos de funcionamiento de las diferentes redes de iluminación de espacios públicos. (Rodríguez, 2016)

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1. Conceptos generales de iluminación LED.

2.2.1.1. Luminaria LED:

Se describe como un aparato de iluminación que distribuye, filtra y transforma la luz emitida por uno o varios módulos LED y que incluye todas las partes necesarias de equipamiento para el soporte, la fijación y la protección de la fuente luminosa, como también los equipos eléctricos necesarios para su funcionamiento deseado.

2.2.1.2. Módulo LED:

Sistema comprendido por uno o varios LEDs individuales donde es posible incorporar otros elementos tales como circuitos impresos, disipadores térmicos, sistemas ópticos y conexiones eléctricas.

Su diseño y características modificarán las cualidades y garantías que el propio fabricante de LED individual ofrece, haciendo así necesaria su certificación válida y

pruebas de funcionamiento en su integración en la luminaria y para la correcta aplicación de sus características.

2.2.1.3. Dispositivo de control LED (“DRIVER”):

Es un equipamiento y/o elemento principal que tiene como fin regular el funcionamiento de un módulo LED que adecua la energía eléctrica de alimentación recibida por la luminaria a los parámetros exigidos para un correcto funcionamiento del sistema. A continuación, se muestra una figura que ejemplifica lo descrito líneas arriba.



Figura 1: Driver de una luminaria LED

Fuente: (Luxiot.eu, 2016)

2.2.1.4. Lente:

Es un dispositivo óptico que puede ser utilizado en la transmisión, refracción y convergencia o divergencia del haz de luz emitido por uno o más Leds y están concebidos para conseguir una distribución óptima y distribuida de la luz, tener una alta transmitancia luminosa y sirven como protección al LED. Se instalan dentro de un marco porta lentes.

2.2.1.5. Conjunto óptico:

Es una parte de la luminaria que emite la luz artificial hacia un espacio de piso determinado y está compuesta por los varios módulos LED y componentes que los protegen para obtener la hermeticidad y grado de protección necesaria al caso.

2.2.1.6. Conjunto eléctrico:

Es un grupo de equipos eléctricos y electrónicos que tienen la capacidad de conectar, transformar y adaptar la tensión eléctrica de la red de alimentación de baja tensión a los módulos LED que conforman el conjunto óptico.

2.2.1.7. Radiometría:

La Radiometría es la ciencia y la tecnología que mide la energía radiante electromagnética. El espectro electromagnético abarca alrededor de 16 órdenes de magnitud de longitudes de onda (y frecuencia) desde 10^{-11} m (región de rayos gamma) hasta 10^5 (zona de las ondas de radio, de muy baja frecuencia). Dependiendo del rango del espectro en que nos encontremos, se utilizan distintas técnicas e instrumentación para su medida.

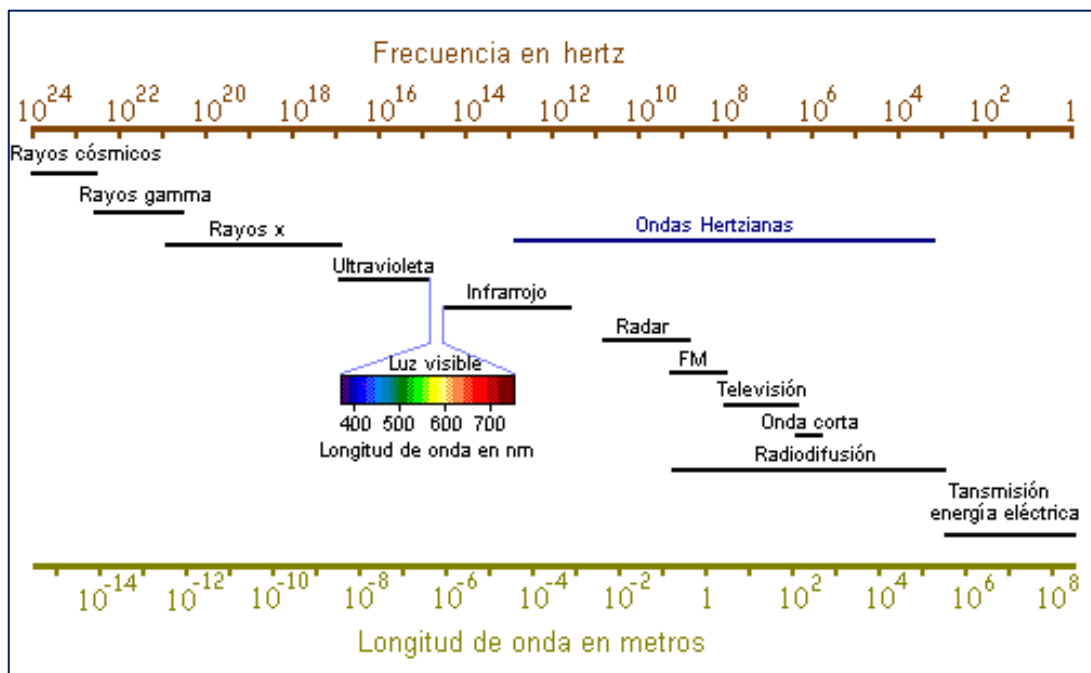


Figura 2: Espectro de la radiación electromagnética.

Fuente: (García, 2019)

2.2.1.8. Fotometría:

La fotometría define la forma y dirección de la distribución de la luz emitida por el LED en el espacio.

Esta información, ya sea en forma de tablas o curvas, se utiliza para entender de antemano como se distribuye la luz y poder hacer una correcta selección de los sistemas de iluminación en la etapa de diseño del proyecto.

Los datos fotométricos estarán proporcionados por los fabricantes, ya que su cálculo se realiza en laboratorios con aparatos específicos como se verá más adelante. La función relativa es la eficiencia luminosa espectral que para el caso de la visión fotópica (niveles de luminancia altos) se designa por $V(\lambda)$ y sus valores, que se pueden encontrar en cualquier libro, son los acordados por la CIE en 1924.

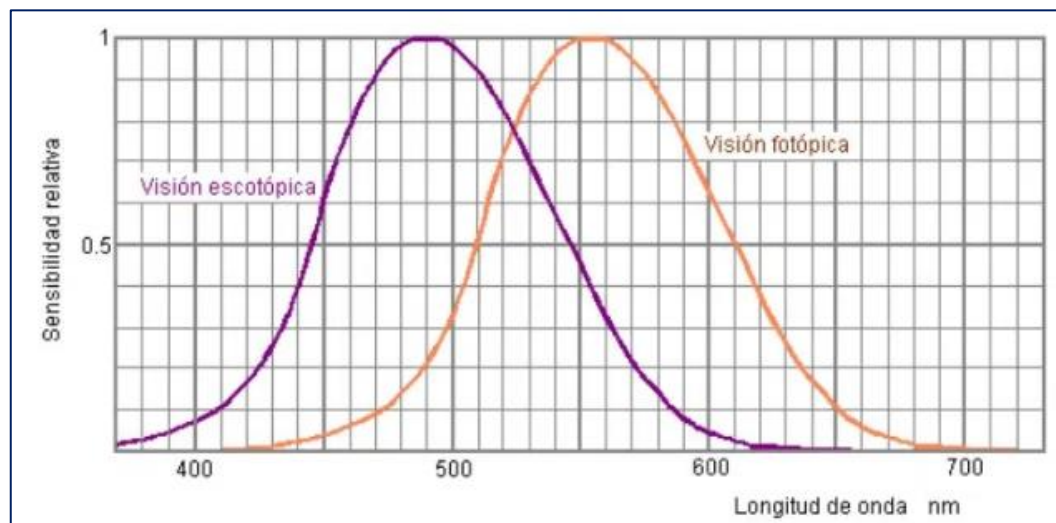


Figura 3: Curvas de eficiencia espectral fotópica y escotópica.

Fuente: Revista Española de Metrología (Centro Especial de Metrología, 2018)

2.2.1.9. De la radiometría a la fotometría

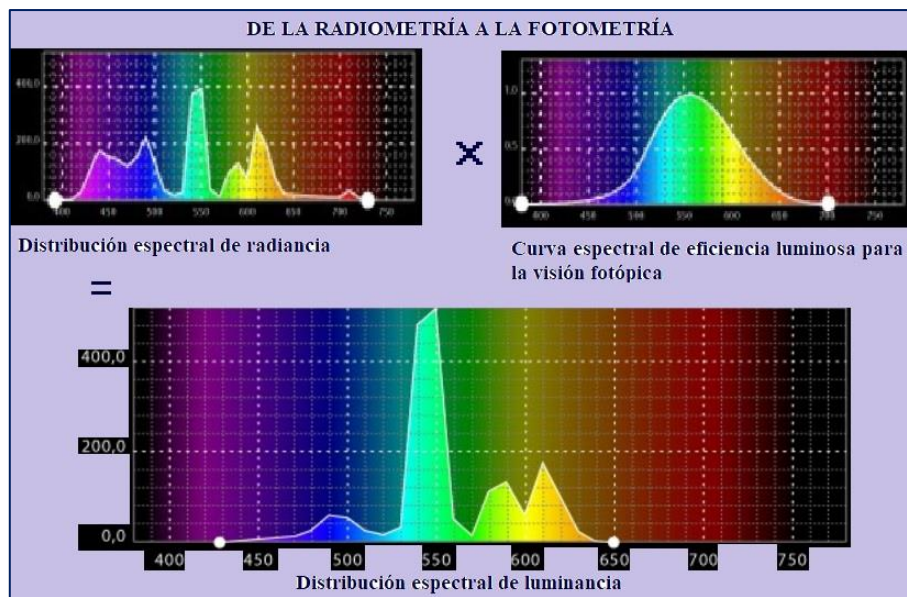


Figura 4: Proceso de radiometría a fotometría.

Fuente: (Boscarol, 2007)

Como se ilustra en la imagen superior, la magnitud fotométrica luminancia se forma multiplicando la magnitud radiométrica radiancia por la eficiencia luminosa para las longitudes de onda correspondientes. En consecuencia, la importancia de algunas longitudes de onda se potencia, mientras que la de otras se reduce. Por eso no existe linealidad en la percepción.

Indica que a toda magnitud radiométrica le corresponde una magnitud fotométrica, que se obtiene evaluándola a través de la función de eficiencia luminosa del ojo y, por convención, multiplicando el resultado así obtenido por 683.

2.2.1.10. Luz:

La luz corresponde a la pequeña parte del espectro electromagnético comprendida entre las longitudes de onda 380 nm (nm: nanómetros; $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) y 760 nm,

aproximadamente, cuya energía es la absorbida por la foto receptores del sistema visual humano, iniciando así el proceso de la visión.

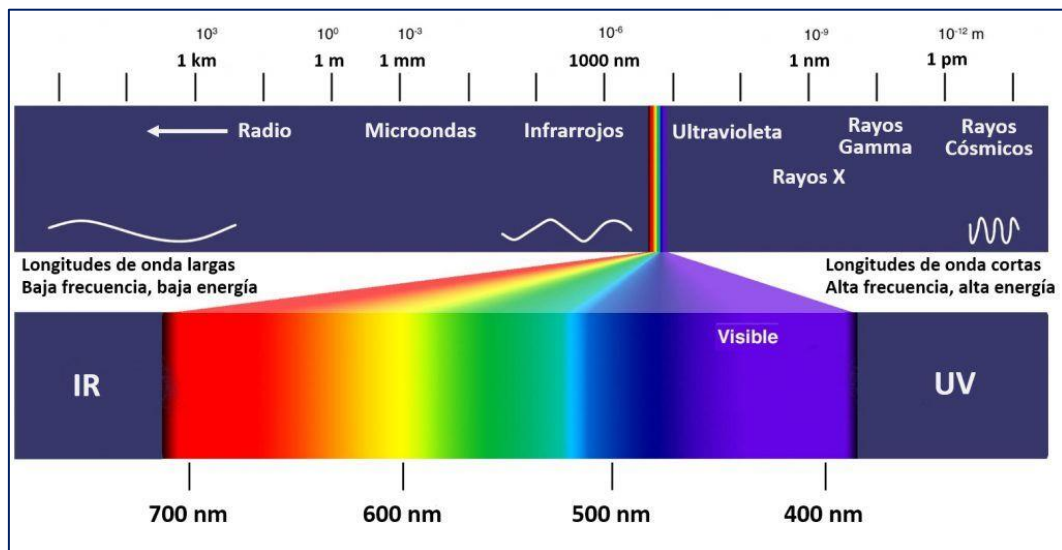


Figura 5: Pequeña parte del espectro electromagnético que al incidir en el ojo humano provoca las sensaciones de claridad y color.

Fuente: (Gallego, n.d.)

2.2.1.11. Flujo Luminoso:

Es la cantidad de luz por unidad de tiempo emitida por una fuente de radiación en todas las direcciones del espacio. Su símbolo es Φ_v y su relación con la distribución espectral del flujo radiante viene dada por la siguiente ecuación:

$$\phi_{lum} = K_m \int_{380}^{760} V_\lambda \phi_{rad} d\lambda$$

Donde $\phi_{rad} d\lambda$ es el flujo radiante en un pequeño intervalo de longitud de onda $d\lambda$ medido en vatios, y ϕ_{lum} el flujo luminoso expresado en lúmenes.

La unidad de medida en el sistema SI es el lumen (lm).

2.2.1.12. Lux (Lx)

Es la unidad de medida de la iluminancia. Un 1 lux es igual a un lumen por metro cuadrado (1 lux = 1 lm/ m²).

2.2.1.13. Intensidad Luminosa emitida por una fuente puntual:

Es la relación $d\phi$ que es el flujo luminoso emitido por la fuente puntual dentro del ángulo sólido $d\Omega$. Su unidad es la candela (cd). Es una magnitud fundamental del S.I.

Su relación con el flujo luminoso puede también escribirse:

$$\phi = \int_{\Omega} I d\Omega \text{ donde } I = \frac{d\phi}{d\Omega};$$

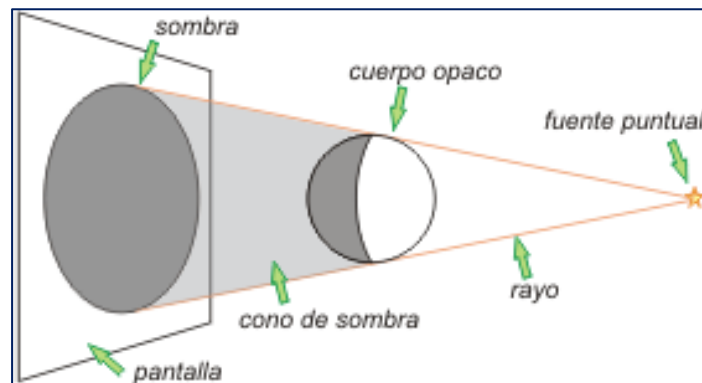


Figura 6: Intensidad Luminosa emitida por una fuente puntual

Fuente: (Cabrera, 2019)

2.2.1.14. Iluminación o Iluminancia:

Es el flujo luminoso que incide sobre la unidad de superficie. Su unidad es el lux (lx):
donde: $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$.

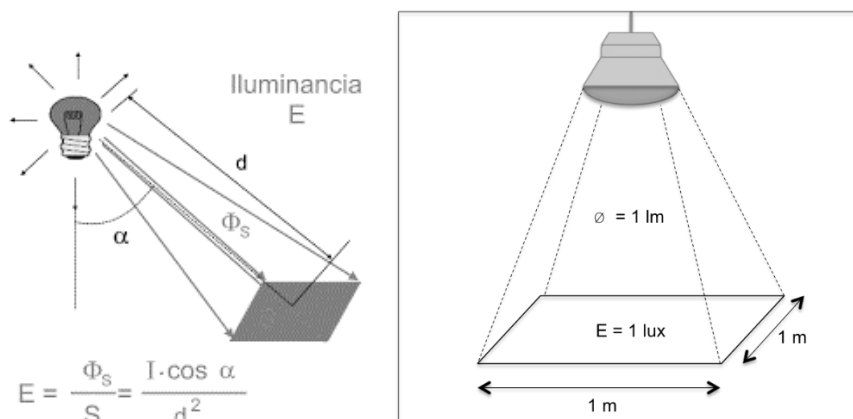


Figura 7: Iluminancia

Fuente: (Morente, 2012)

La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie:

$$E = \frac{d\Phi}{ds}$$

Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

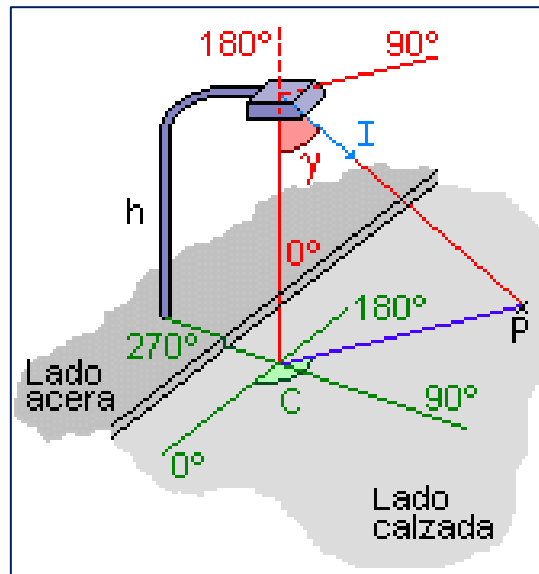


Figura 8: Iluminancia en el alumbrado público

Fuente: (Garcia, n.d.-a)

Donde I es la intensidad recibida por el punto P en la dirección definida por el par de ángulos (C, γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

2.2.1.15. Luminancia

Se entiende por luminancia de una superficie en una dirección determinada como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente de dicha dirección.

Se representa generalmente con la letra L y su unidad es candela por metro cuadrado (cd/m²)

$$L = \frac{I}{S_a}; S_a = S * \cos(\alpha)$$

Dónde: L = Luminancia

I = Intensidad luminosa

Sa = Superficie aparente

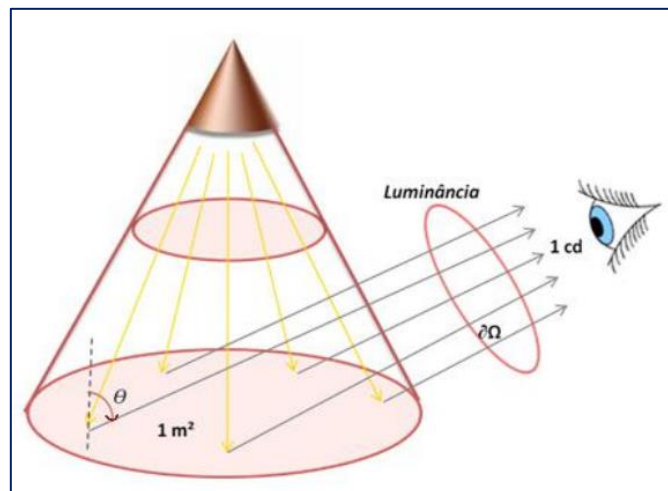


Figura 9: Luminancia

Fuente: (Garcia, n.d.-a)

El cálculo de luminancia en punto de luz, se puede calcular de la siguiente manera:

$$L = \frac{I \times r \times \phi \times MF \times 10^{-4}}{H^2}$$

Donde:

I : Intensidad luminosa (cd) normalizada a klm

r : Coeficiente de luminancia reducido para un vector de luz incidente con coordenadas angulares (ϵ, β)

ϕ : Flujo luminoso inicial de cada luminaria (klm)

ϵ : Producto LLMF con LMF

ε : Altura

ϕ : Ángulo de incidencia

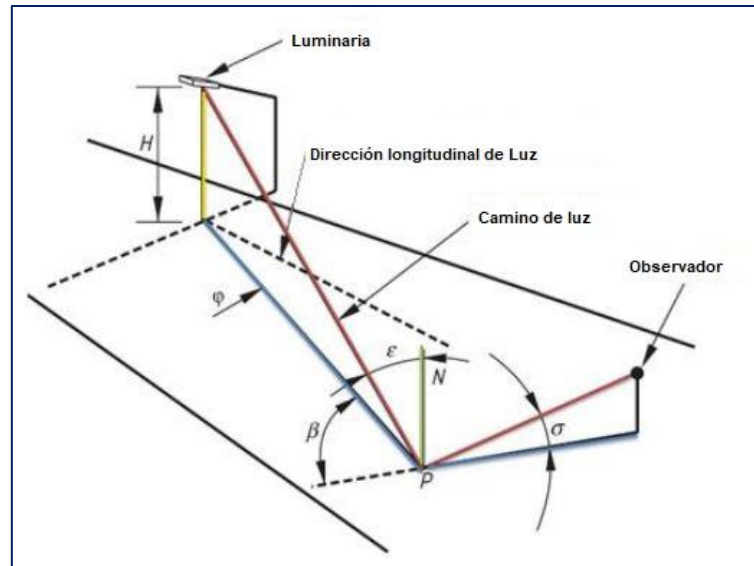


Figura 10: Cálculo de luminancia en un punto de Luz

Fuente: (Bernardo, 2016).

Es la variable que aprecia el ojo cuando observa fuentes extensas (también denominada brillo).

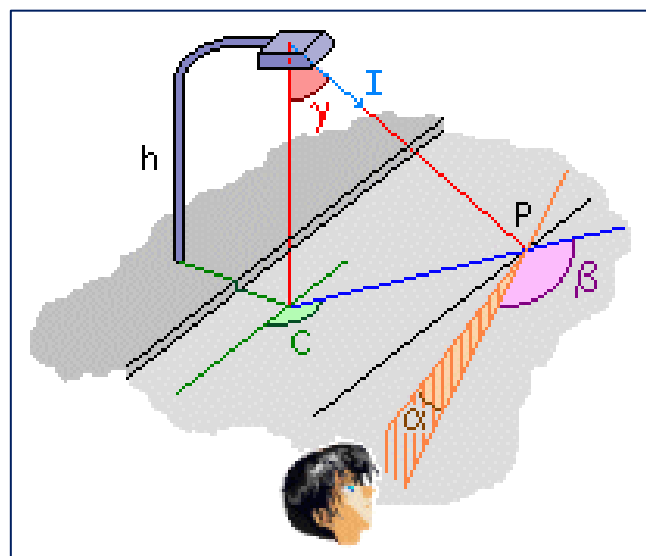


Figura 11: Luminancia en alumbrado público.

Fuente: (Garcia, n.d.-a)

$$\mathbf{L} = \mathbf{q}(\beta, \gamma) \cdot \mathbf{E}_H$$

Explicando es donde \mathbf{q} es el coeficiente de luminancia en el punto P que depende del ángulo de incidencia γ y del ángulo entre el plano de incidencia y el de observación β . El efecto del ángulo de observación α es despreciable para la mayoría de conductores (automovilistas con campo visual entre 60 y 160 m por delante y una altura de 1,5 m sobre el suelo) y no se tiene en cuenta. De esta manera, se tiene la siguiente expresión matemática:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q(\beta, \gamma)$$

Para fines de cálculo, se define el termino:

$$r(\beta, \gamma) = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma$$

Obteniéndose de la siguiente manera:

$$L = \frac{I(C, \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2}$$

De tratarse de más de una luminaria se tiene la siguiente expresión:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i, \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \gamma_i)}{h_i^2}$$

Los valores de $r(\beta, \gamma)$ se encuentran tabulados o incorporados a programas de cálculo y dependen de las características de los pavimentos utilizados en la vía.

2.2.1.16. Temperatura De Color de iluminación

La temperatura de color de una luminaria es la medida de que tan fría o cálida es la luz emitida por esta luminaria, lo cual tiene un efecto en el aspecto del espacio a iluminar.



Un cuerpo negro emite una radiación con una cierta longitud de onda, la cual dependerá de su temperatura. Para hallar la temperatura de color de una fuente luminosa, se compara con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. Dicho de otra forma, la tonalidad que es emitida por la lámpara es comparada con la tonalidad que adquiere el cuerpo negro patrón al variar su temperatura; cuando el cuerpo negro alcanza una tonalidad lo más parecido a la lámpara de prueba, se mide su temperatura y esta es la que se le asigna a la lámpara de prueba.

Existe una graduación de los colores en función de su temperatura de color:

- **Colores fríos.**

Colores verde, azul y violeta. Sus temperaturas de color están por encima de 5000° K.

- **Colores intermedios.**

Colores como el amarillo y algunas tonalidades del verde.

Temperaturas de color entre 3300° K y 5000° K.

- **Colores cálidos.**

Colores como rojo y naranja. La temperatura de color es inferior a los 3300° K.

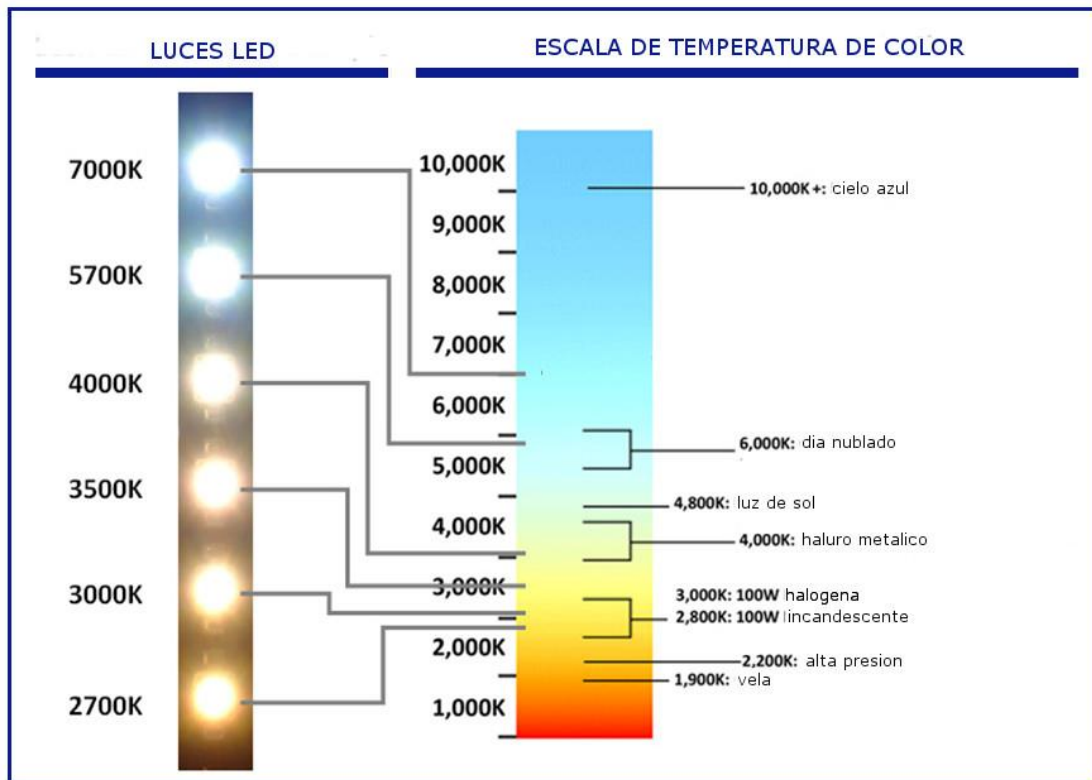


Figura 12: Temperatura de color de algunas fuentes luminosas.

Fuente: (Wellmax, 2015).

2.2.2. LED (Light-Emitting Diode)

Se entiende por fuente de luz LED (Light Emitting Diode) como un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado correctamente. Un diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente en una única dirección y su correspondiente circuito eléctrico se encapsula en una carcasa plástica, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías.

2.2.2.1. Caracterización De Luminarias LED

- Eficiencia luminosa:

La eficiencia luminosa o rendimiento de la luminaria la relaciona el flujo luminoso emitido por la luminaria, que se calcula a partir de los datos obtenidos de distribución

angular de intensidad luminosa de la luminaria, con el flujo luminoso emitido por todas las fuentes luminosas integradas en la luminaria, por lo que este parámetro proporciona información sobre el aprovechamiento de la luz originariamente disponible, proporcionada por estas fuentes luminosas.

$$\eta(\%) = \frac{F_T}{F_{Lamps}} \cdot 100$$

- **Eficiencia luminosa:**

La eficiencia luminosa es un porcentaje de aprovechamiento luminoso, mientras que la eficacia energética relaciona la iluminación obtenida con la potencia absorbida, se obtiene dividiendo el flujo luminoso de la fuente de luz por su potencia consumida y se mide en lúmenes/vatio (lm/W)

Tabla 1: Eficiencia vs. eficacia

Eficiencia luminaria	Eficacia luminaria
Eficiencia luminaria o rendimiento como capacidad que tiene una luminaria para reemitir el flujo luminoso insertado en ella. (%)	Eficacia luminaria o lámpara. Capacidad que tiene la fuente de luz para aprovechar la energía que consume y convertirla en energía visible (lm/W)

Elaboración Propia

- **Energía Luminosa**

Esta energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. Se representa comúnmente con la letra Q y su unidad es el lumen por hora (lm*h). Teniendo la siguiente expresión:

$$Q = \phi * t$$



Dónde: Q = Energía luminosa

ϕ = Flujo luminoso

t = Tiempo en Horas

- **Luminancia de velo:**

La luminancia de velo se debe a la incidencia de la luz emitida por una luminaria sobre el ojo de un observador en el plano perpendicular a la línea de visión, dependiendo así mismo del ángulo comprendido entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, así como del estado fisiológico del ojo del observador.

$$L_v = K \frac{E_g}{\theta^2} \quad \text{Siendo:}$$

K = Constante que depende fundamentalmente de la edad del observador y, aunque es variable, se adopta como valor medio 10 si los ángulos se expresan en grados, y 3×10^3 si se expresan en radianes.

E_g = Iluminancia en lux sobre la pupila, en un plano perpendicular a la dirección visual y tangente al ojo del observador.

θ = Ángulo entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión

2.2.2.2. Partes de un LED

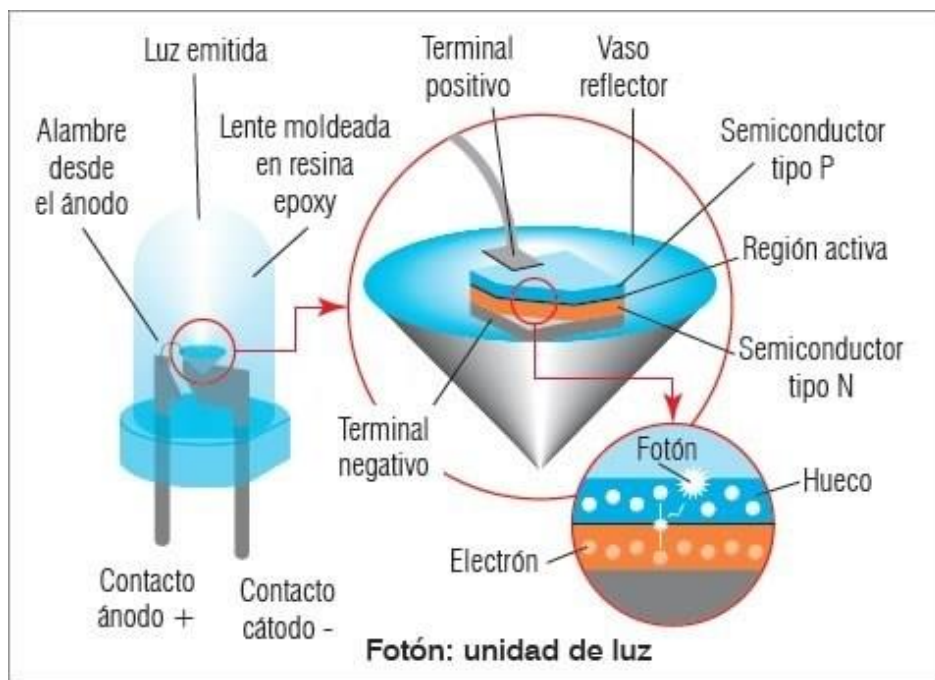


Figura 13: Partes de un LED.

Fuente: (CESLED, 2017)

- Principio De Funcionamiento Del Diodo LED

Los diodos están contruidos por dos tipos de materiales llamados tipo N y tipo P, estos se encuentran unidos a través de una junta llamada barrera o unión.

Los materiales semiconductores puros que llevan impurezas en mínimas cantidades, a este proceso se lo conocemos como dopaje.

Dependiendo del tipo de dopaje que se hace al material semiconductor, este puede presentar dos tipos:

- Material Tipo N tiene electrones libres (exceso de electrones).
- Material Tipo P tiene huecos libres (ausencia o falta de electrones)

Cuando se aplica una diferencia de potencial con polaridad positiva al lado P y polaridad negativa al lado N, la zona de transición se vuelve estrecha permitiendo que el

flujo de electrones circule libremente a través del diodo, el sentido de la corriente será desde P hacia N.

En el caso de polarizar inversamente, la banda de transición se vuelve mucho más ancha e impide el flujo de electrones a través de la misma, por lo cual el diodo se comporta como un interruptor abierto.

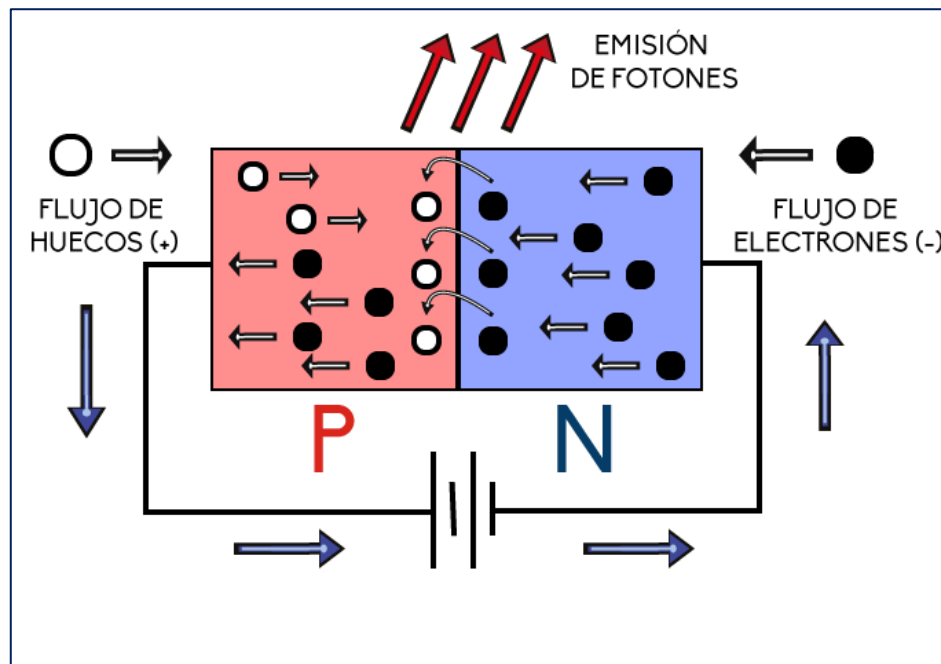


Figura 14: Unión P-N.

Fuente: (SmartLighting, 2019)

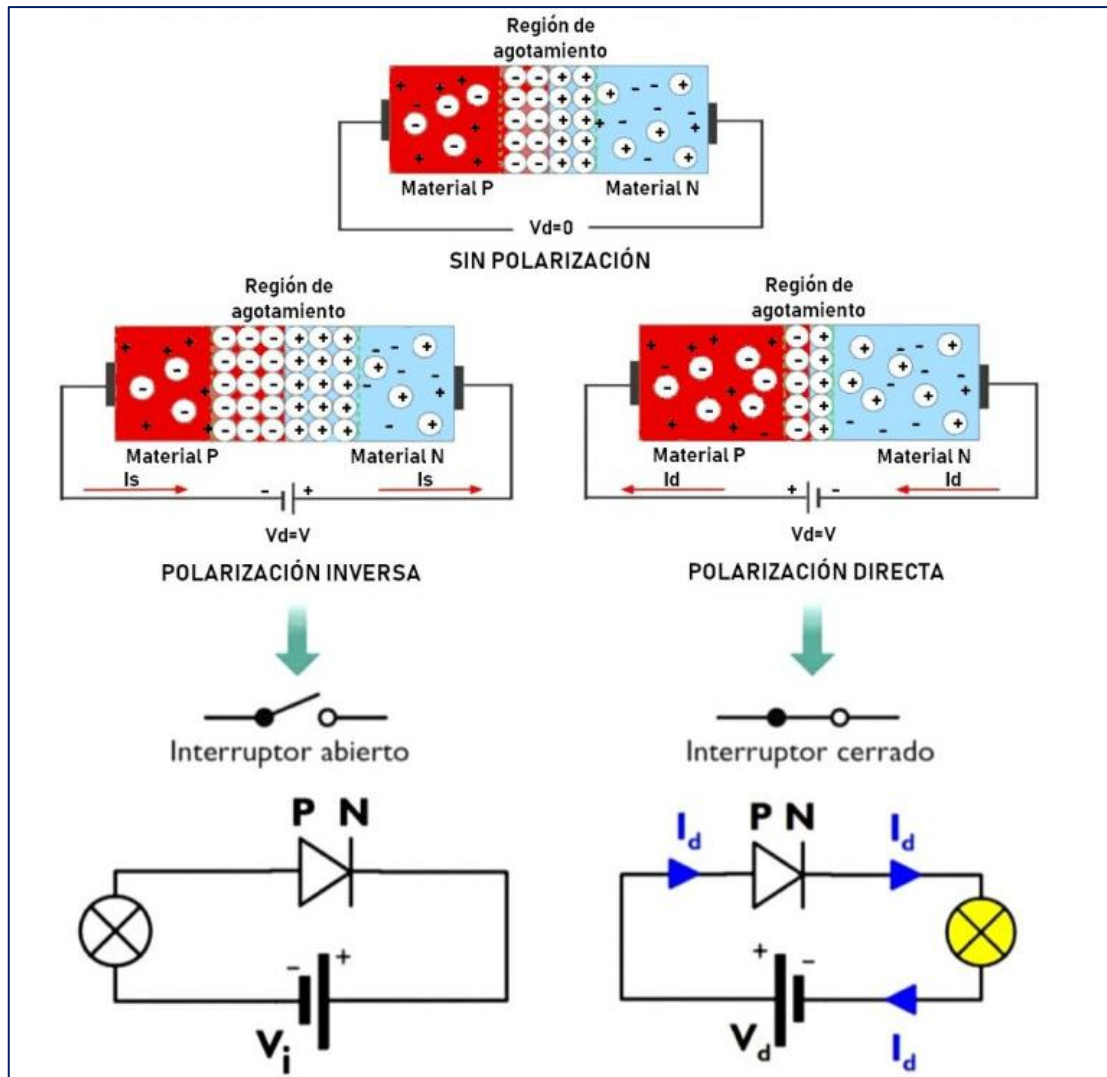


Figura 15: Funcionamiento de un diodo.

Fuente: (TallerElectronica.com, n.d.)

2.2.2.3. Colores De Los LED'S

Es de conocimiento que el color de los leds depende específicamente del semiconductor con el cual están construidos y el dopaje o impurezas que se han agregado, puesto que la corriente que circula por él es la misma.

A continuación, se muestra una tabla de los materiales de construcción, el color y frecuencia asociados a este:



Tabla 2: Colores de LED's.

Frecuencia	Color	Material
940	Infrarrojo	GaAs
890	Infrarrojo	GaAlAs
700	Rojo profundo	Gap
660	Rojo profundo	GaAlAs
640	Rojo	AlInGap
630	Rojo	GaAsP/Gap
626	Rojo	AlInGap
615	Rojo - Naranja	AlInGap
610	Naranja	GaAsP/Gap
590	Amarillo	GaAsP/Gap
590	Amarillo	AlInGap
565	Verde	GaP
555	Verde	GaP
525	Verde	InGaN
525	Verde	GaN
505	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
498	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
480	Azul	SiC
450	Azul	InGaN/Zafiro
430	Azul	GaN
425	Azul	InGaN/Zafiro
370	Ultravioleta	GaN

Fuente: (Foros de Electrónica, n.d.)

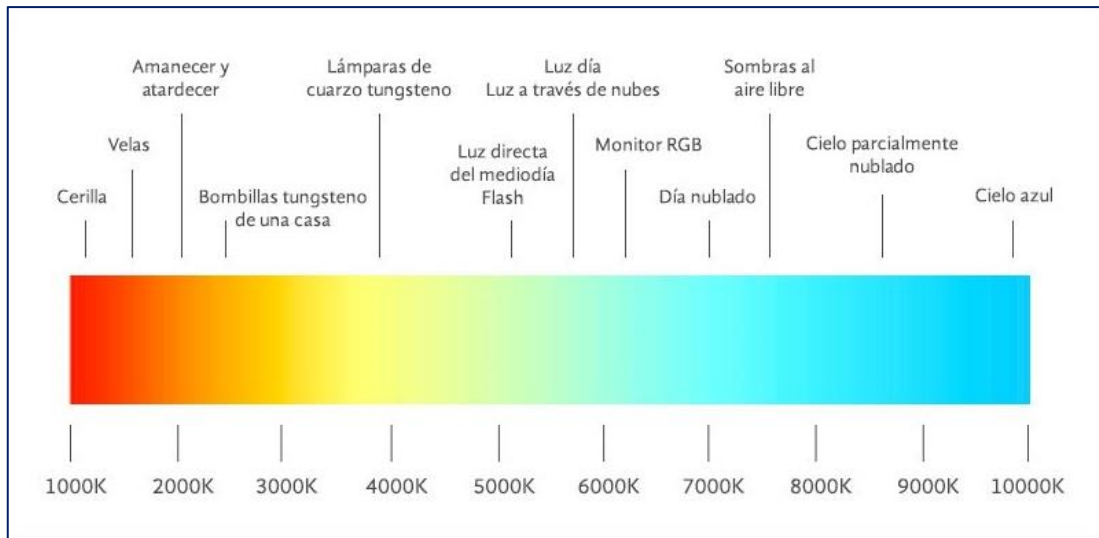


Figura 16: Frecuencia, Color y Material de un LED.

Fuente: (Beldeus Iluminación Eficiente, n.d.)

2.2.2.4. Modelo RGB

El modelo RGB identificado por sus siglas en inglés (Red, Green y Blue) que traducido al español tiene el significado de Rojo, Verde y Azul, hace referencia a la composición de matices de colores a partir de los primarios. De ésta manera podemos obtener las diferentes gamas de colores controlando la intensidad de luz de cada color primario.

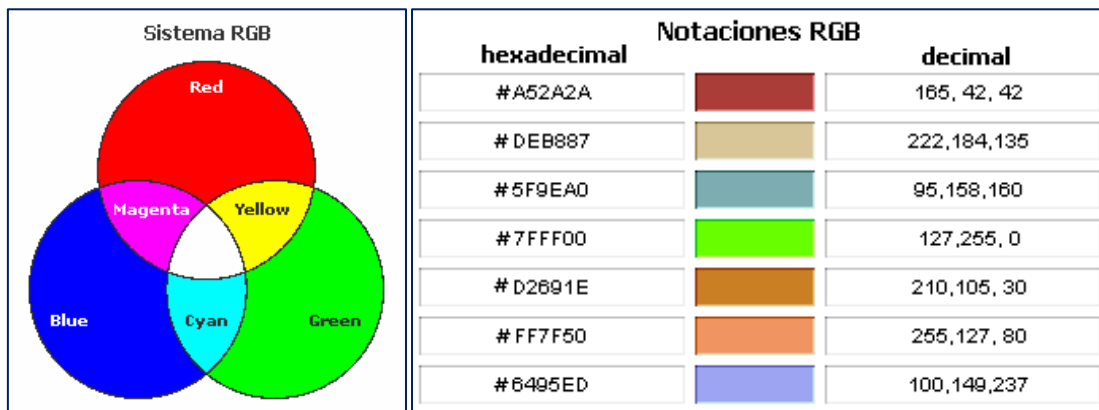


Figura 17: Modelo RGB (Red, Green y Blue).

Fuente: (Moreno, n.d.)

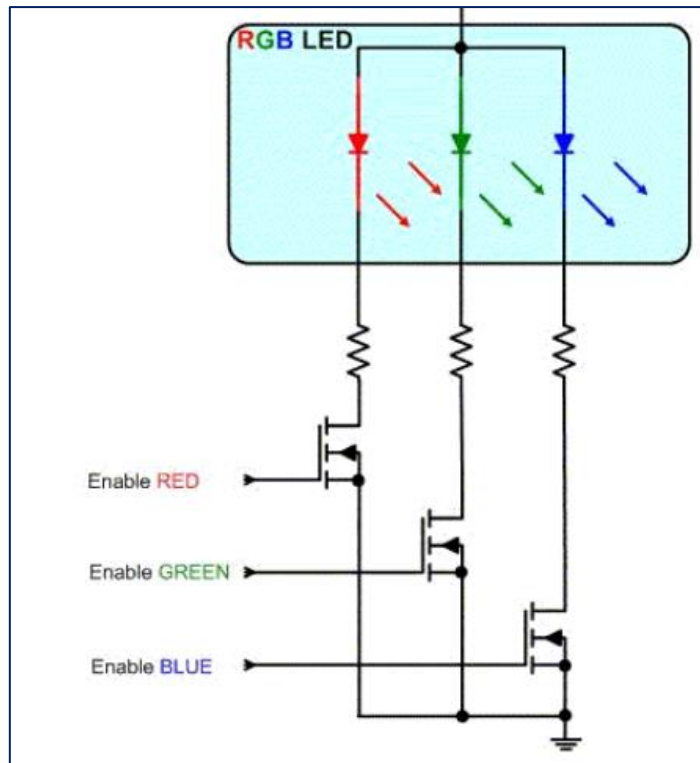


Figura 18: Esquema interno de un LED RGB.
Fuente: (Asociación de Robótica de Rivas, n.d.)

2.2.2.5. Métodos de montaje de los módulos LED

Según Schröder, existen dos tipos de disposición de LEDs en lámparas, en la superficie del circuito impreso (PCB), de la placa de la luminaria, siendo estas:

- **Tecnología Chip on Board (COB):**

C.O.B (Chips on Board), es una nueva tecnología de envasado LED para sistemas de iluminación. Múltiples chips LED están empaquetados juntos, como un módulo de iluminación. Cuando se enciende se ve como un solo panel de iluminación. Esto puede incrementar hasta 10 VECES más el área de iluminación.(INDESAM, n.d.)

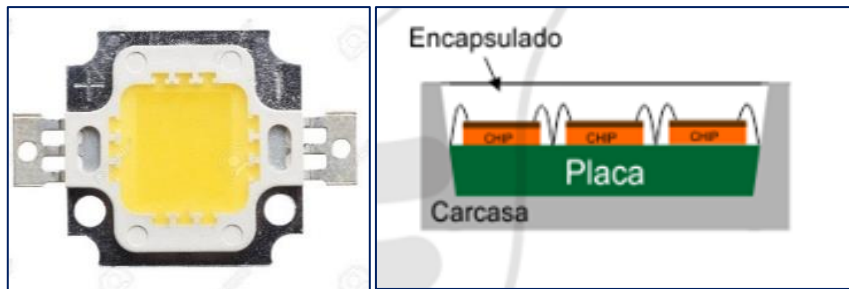


Figura 19: Tecnología Chip on Board

Fuente: (INDESAM, n.d.)

- **Tecnología de Montaje en Superficie (SMD):**

Los LED SMD son diodos emisores de luz en los cuales los diodos están montados directamente sobre la superficie de las placas de circuito impreso. Una placa de circuito impreso es una placa plana usada para conectar y soportar eléctricamente componentes electrónicos.

Los LED son bombillas que se fijan en un circuito eléctrico y son iluminados por el movimiento de los electrones.

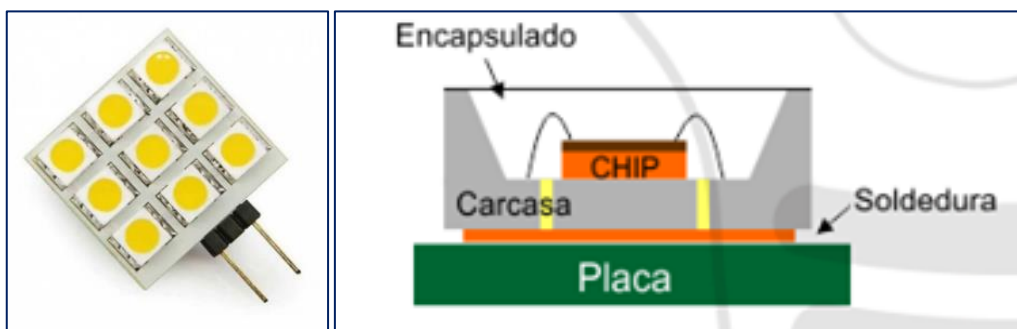


Figura 20: Tecnología de Montaje en Superficie

Fuente: (INDESAM, n.d.)

TECNOLOGIA	SMD	COB
LUMINOSIDAD <i>Rendimiento</i> [Lm/w]	50-60	100-120
ANGULO DE APERTURA [°]	360	160
INDICE DE REPRODUCCION CROMATICA -CRI- [%]	80	80-90
NUMERO DE PINES	2, 4 o 6 ^(*)	2
APTO PARA USO RGB	SI	NO
CAPACIDAD DE DISIPACION	REGULAR	BUENA
SENSIBILIDAD ANTE FLUCTUACIONES DE TENSION	ALTA	BAJA
APTO PARA USO PERMANENTE	NO	SI
DEPRECIACION (<i>Merma de Rendimiento en el Tiempo</i>)	PREMATURA	A TERMINO
DESLUMBRAMIENTO (<i>Encandilamiento</i>)	ALTO	MEDIO
COSTO DE PRODUCCION	BAJO	MEDIO

(*) Pueden haber hasta 3 diodos en un solo chip, c/u con su Anodo y Catodo

Figura 21: Tecnología de montaje de LED's.

Fuente: (Blasco, n.d.)

Tabla 3: Cuadro comparativo COB vs. SMD

Tecnología Chip on Board (COB)	Tecnología de Montaje en Superficie (SMD)
COB específica para uso profesional, pues disipa muy bien la energía calórica; además su flujo luminoso es más alto y uniforme, y soporta sin problemas estar encendido de forma permanente.	SMD apta para uso residencial o hobbista, siempre que no deba estar muchas horas encendido, e ideal para aplicaciones decorativas en donde las variedades de color de su luz (RGB) permita lograr destacados o efectos deseados.

Fuente: (INDESAM, n.d.)

2.2.2.6. LED Blanco Por Conversión De Fosforo

En la actualidad, uno de los campos con mayor interés lo constituyen los LEDs de iluminación de luz blanca por sus usos en pantallas de iluminación y por su irrupción en el campo de la iluminación eficiente de bajo consumo energético, desplazando con ello a



las lámparas convencionales. Sin embargo, la producción de luz blanca emitida por un LED, no es tan trivial como parece.

Normalmente los materiales semiconductores emiten luz a una determinada longitud de onda dependiendo del gap, y la emiten con una anchura espectral de varios nanómetros (nm). No existe por tanto “un único” material semiconductor que emita luz blanca. Actualmente existen dos formas diferentes de generar luz blanca de alta intensidad utilizando tecnología LED: la mezcla RGB o la conversión de fósforos de luminiscencia.

Se utiliza ya sea un LED de emisión de luz color azul o ultra violeta (UV) y se modifica esta radiación filtrándola a través de una capa de fosforo colocada dentro del encapsulado, emitiendo así luz blanca.

2.2.2.7. Factor de mantenimiento de luminarias LED.

Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Con la tecnología tradicional de lámparas de descarga, para mantener las instalaciones por arriba de las condiciones mínimas de iluminación requeridas según normas había que compensar la depreciación con un factor de mantenimiento (MF, del inglés maintenance factor), que englobaba:

- a) Las fallas aleatorias debidas en su gran mayoría a las lámparas (LSF, Lamp Survival Factor);
- b) La reducción de flujo de las lámparas (LLMF, Lamp Lumen Maintenance Factor); y
- c) La depreciación por ensuciamiento de las luminarias (LMF, Luminaire Maintenance Factor)

$$MF = LSF \cdot LLMF \cdot LMF$$

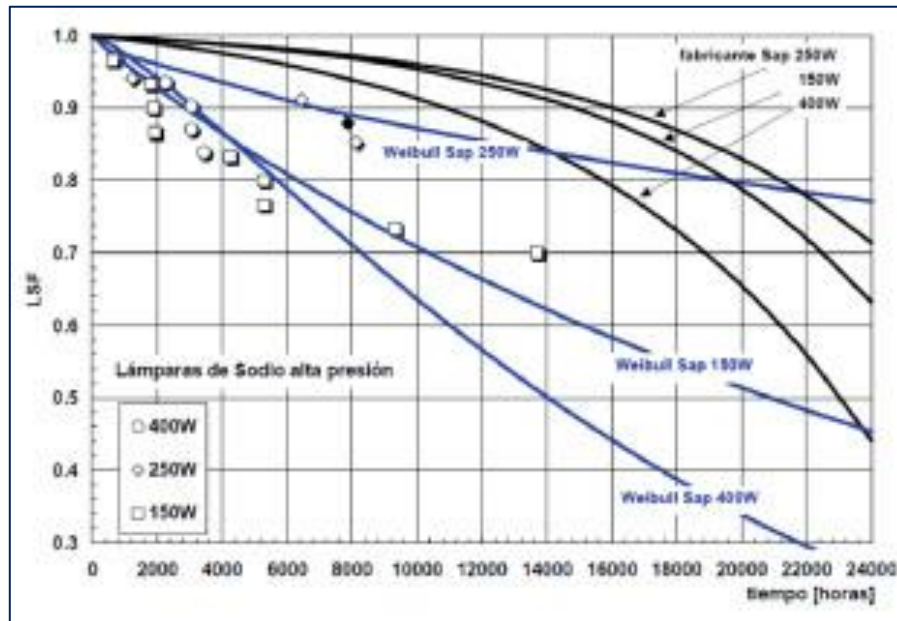


Figura 22: Datos de LSF de fabricantes y de registros sobre fallas de lámparas de sodio de alta presión (Manzano, 2019).

Fuente: (Manzano, 2019)

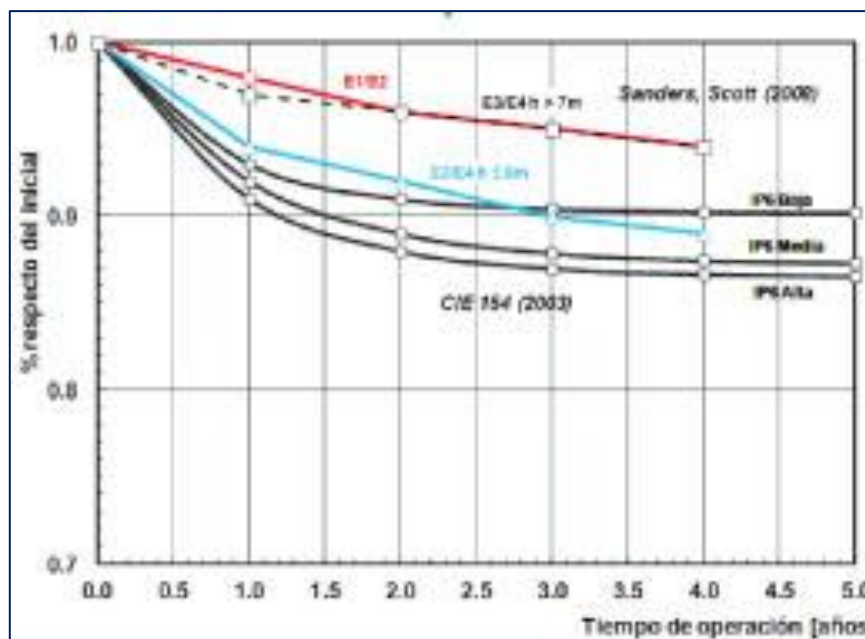


Figura 23: Depreciación de luminarias en función de la contaminación ambiental (Manzano, 2019)

Fuente: (Manzano, 2019)



2.2.2.8. Factor de utilización de luminarias LED

Se refiere a la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de una instalación de una luminaria LED es acorde en función del tipo de LED, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de la luminaria que sea, así como de la arquitectura de la instalación, tanto a lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así tal es el caso de la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de estructura usada, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

2.2.2.9. Deslumbramiento de luminarias LED:

Se entiende como la sensación producida por el LED de una luminaria dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están acostumbrados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad para las personas.

Asimismo, la magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número de fuentes y la luminancia a la que los ojos están adaptados.

- Tipos de Deslumbramiento:

Hay 2 formas de deslumbramiento.



- **Atendiendo al origen**

Directo: se produce cuando la persona mira directamente a la fuente de luz. Indirecto o

reflejo: Cuando la fuente de luz se proyecta en la retina a través de una superficie reflectante.

- **Atendiendo a las consecuencias**

Discapacitantes: Suponen una reducción en la capacidad del sistema visual.

Disconfortantes: Producen molestias o malestar.

2.2.3. Aplicaciones de la tecnología LED

Actualmente, las tecnologías LED, gracias a las ventajas y beneficios que tiene, son muchas sus aplicaciones que, han catapultado esta solución como una de las más flexibles en las diferentes áreas, así como en, la ingeniería eléctrica (Iluminación) y el diseño de espacios y ambientes, tanto en el hogar, en la oficina y también en la industria. (EmerLED, 2015)

Los usos de la tecnología LED, son:

- Iluminación de los ambientes del hogar: piscinas, dormitorios, salas, espacios amplios, zonas de escaleras, ingresos, patios, etc.
- Iluminación de los ambientes de la empresa: zonas de trabajo, salas de visita, comedores de trabajadores, aulas de capacitación, peldaños de escaleras, etc.
- Iluminación de los ambientes de la industria: Almacenes, angares, zonas de trabajo industrial, etc.
- Incorporación en proyectos arquitectónicos públicos o privados en edificios y construcciones en general.
- Incorporación en la iluminación de vías, carreteras y zonas de transporte público.

- Incorporación en proyectos de exposición, show room, eventos e iluminación artística y relacionados.

Según EmerLED, la flexibilidad del uso de la tecnología LED no ofrece límites prácticamente. Es por ello que con forme pasa el tiempo hemos notado que su utilización cada vez es mayor y útil para arquitectos, ingenieros de la construcción, diseñadores de ambientes, y todas aquellas personas que desean transformar un ambiente determinado en un ambiente motivador, cálido y correctamente iluminado. La tecnología LED es entonces la solución perfecta para sus proyectos, diseños y objetivos.



Figura 24: Iluminación de Avenidas.

Fuente: (DeltonHoldings, n.d.)



Figura 25: Iluminación Cuzco, Perú.

Fuente: APP Schröder Perú, 2019



Figura 26: Iluminación de estadios.

Fuente: (DeltonHoldings, n.d.)

2.2.4. Vida y depreciación luminosa de luminarias LED

En las lámparas fluorescentes, se definía la vida útil como vida media, tiempo de servicio hasta que el cincuenta por ciento (50%) de la muestra ensayada dejaba de funcionar o de alguna manera u otra dejaba de operar óptimamente.

En el caso de las lámparas de descarga, dado que además de fallar se deprecian, se define la vida útil, que combina la vida considerando los ciclos de encendido y la reducción de flujo luminoso con el uso. Pero, con la tecnología LED, las características de comportamiento son diferentes a lo mencionado.

En las luminarias LED las fallas abruptas completas son muy escasas y se espera que la depreciación de flujo luminoso se reduzca con una duración muy prolongada (100.000 horas), es decir la aparición de depreciación luminosa se dé a partir de 100 mil horas de haber operado iluminando.

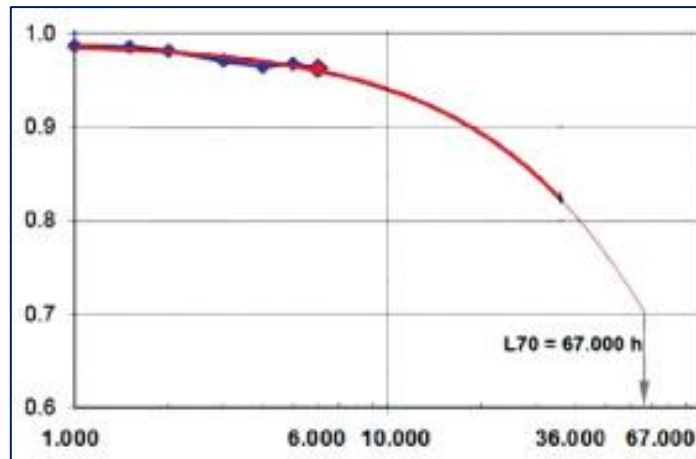


Figura 27: L70 es el tiempo de uso hasta que el flujo luminoso alcanza el setenta por ciento (70%) del valor inicial

Fuente: (Manzano, 2019).

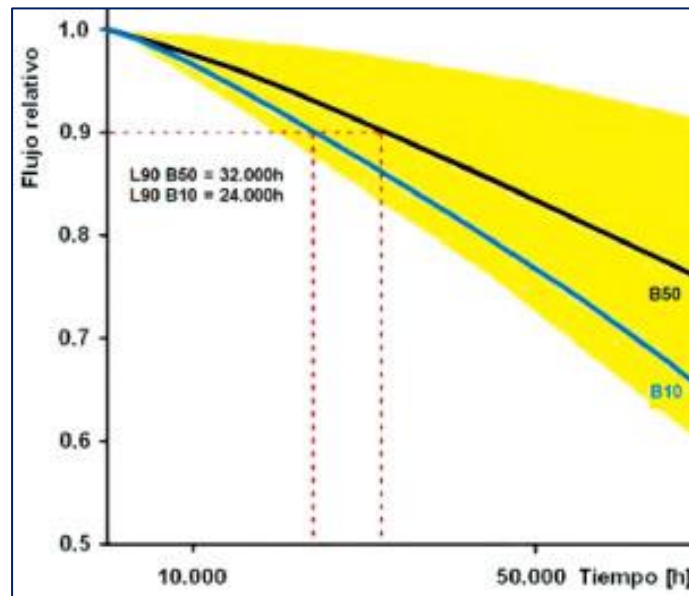


Figura 28: Depreciación luminosa y el porcentaje de LEDs que alcanzan dicho valor.

Fuente: (Manzano, 2019)

Como indicador de la vida de una luminaria led para planificación del mantenimiento, se recomiendan dos criterios de conjuntos de parámetros:

- El tiempo de uso para L80 B50 e independientemente del tiempo de uso para alcanzar CZ;
- Un único valor del tiempo de uso para alcanzar LX BY CZ.

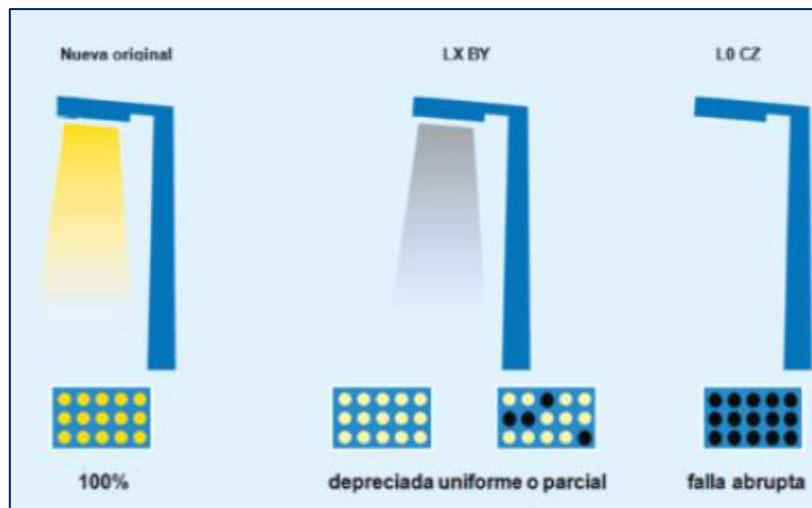


Figura 29: Representación esquemática del estado de falla de una luminaria LED.

Fuente: (Manzano, 2019)

2.2.5. Eficiencia de las luminarias LED

Uno de los parámetros de calidad actualmente aplicados en luminarias con tecnología LED es la eficiencia luminosa, calculada como sigue: eficiencia es igual a flujo luminoso total emitido por la luminaria sobre potencia total consumida (lm/W). Este parámetro difiere del rendimiento luminoso, parámetro empleado con luminarias convencionales de lámpara de descarga: rendimiento es igual a flujo emitido por la luminaria sobre flujo de lámpara. No es posible aplicarlo para luminarias led dado que la emisión de flujo de los módulos led depende de la disipación de calor y no pueden ser separada de la luminaria.

2.2.6. Estabilidad del color de luminarias LED

La estabilidad del color de las luminarias LED es tan importante como su depreciación a lo largo de su vida útil, esto depende mucho de su campo de aplicación, por ejemplo, donde se requiera discriminación del color, caso de iluminación de obras de arte, exanimación clínica o comparación de colores en pinturas. Por otro lado, también tenemos cuando se baña con luz monocromática grandes superficies con múltiples

luminarias, donde la igualdad y estabilidad cobra importancia. Sin embargo, no es el caso del alumbrado vial donde la importancia es menor.

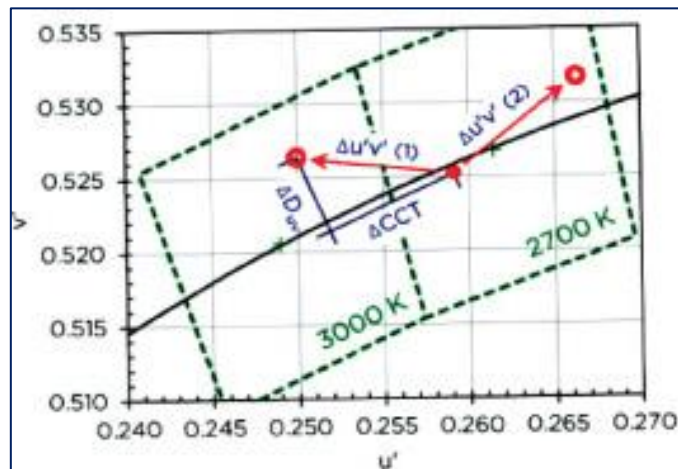


Figura 30: $\Delta u'v'$ como indicador del cambio de color en luminarias LED.
Fuente: (Manzano, 2019)

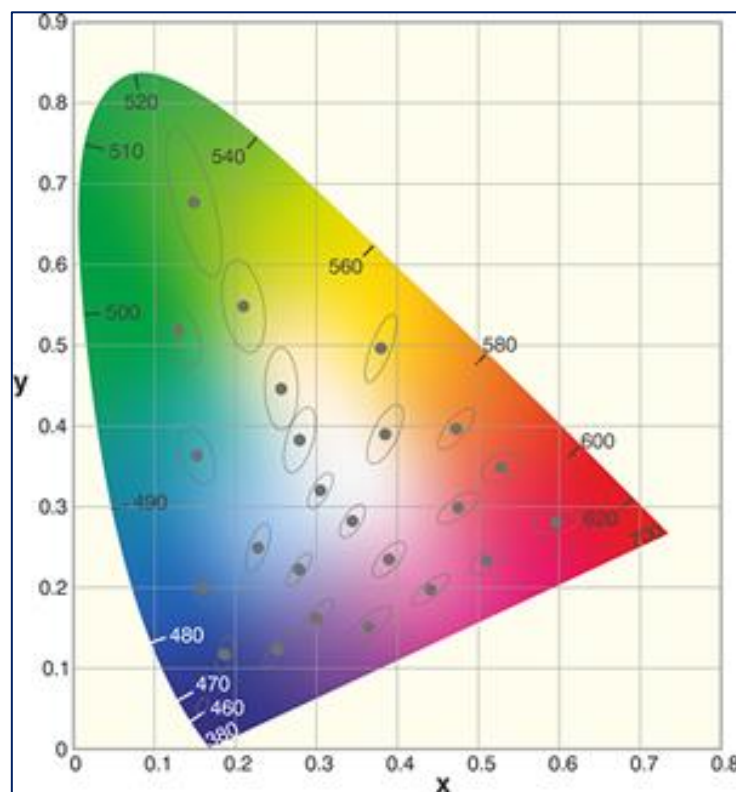


Figura 31: Elipses de MacAdam como indicadores del cambio de color en luminarias LED.
Fuente: (Manzano, 2019)

El color de un LED también puede caracterizarse por un punto (x, y) en el diagrama de cromaticidad CIE 1931. Si alrededor de dicho punto se traza la elipse de MacAdam correspondiente, cuanto más cerca se encuentre otro led, menos desviación de color se notará cuando dichos leds se coloquen uno al lado del otro en una instalación de iluminación.

Tanto la emisión de flujo (y por tanto la eficiencia), como la vida, dependen fuertemente de la disipación de calor generado por los leds. En la figura se puede observar la dependencia del flujo emitido con la temperatura de juntura de los leds o módulo de LEDs. Si bien es importante trabajar con datos de vida y depreciación para la temperatura real de juntura cuando los LEDs operan dentro de la luminaria, dicho dato también es difícil de obtener sin abrir la luminaria y afectar su comportamiento. Dado que la disipación del calor es crítica para garantizar la calidad de la luminaria, es conveniente asegurar el buen diseño del disipador, y su mantenimiento auto limpiante libre de acumulación de hojas o cualquier elemento que reduzca la evacuación del calor.

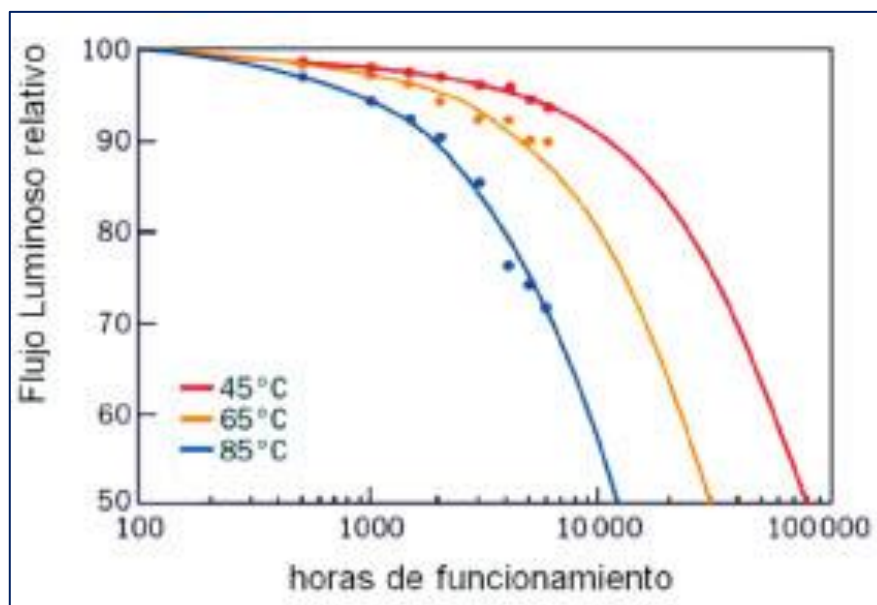


Figura 32: Flujo luminoso en función de la vida y de la temperatura de juntura del LED.

Fuente: (Manzano, 2019)

2.2.7. Alumbrado público con luminarias LED

Se define al sistema de alumbrado LED como el conjunto que incorpora la tecnología LED necesaria para obtener una luminaria lista para su uso, que permita la integración de la fuente de luz LED con todos los complementos necesarios para el correcto funcionamiento y protección de los componentes delicados, además de disponer de todos los circuitos auxiliares y una adecuada conexión a la red eléctrica. Este sistema se compone de varios dispositivos:

- Luminarias (Armazón)
- Tiras o módulos LED
- Drivers
- Circuitos Eléctricos y electrónicos



Figura 33: Alumbrado público con luminarias LED

Fuente: (SGT TOTAL MEXICO, 2017)

2.2.7.1. Clasificación general de luminarias LED

La clasificación de luminarias LED se realiza en función de la aplicación, que es la forma más común de encontrar en el mercado para la compra. Se clasifican en luminarias interiores y exteriores.



- **Luminarias de Interior**

Las denominadas luminarias de interior usualmente no tienen requerimientos de estanqueidad o mecánicas. Se subdividen en:

Industriales: Estas luminarias suelen requerir resistencia a la corrosión, a la vibración, a agentes corrosivos o elevada protección contra el polvo y el agua, etc., pero el aspecto estético no es importante.

Funcionales: Estas luminarias usualmente son utilizadas en aplicaciones específicas tales como quirófanos, bibliotecas, etc.

Decorativas: Las luminarias decorativas tienen su aspecto estético. Su uso es en aplicaciones domésticas y decoración de espacios públicos.

- **Luminarias de exterior**

Estas luminarias tienen su principal en el exterior. Se dividen en:

Luminaria de exterior Público: Su uso es en el alumbrado de zonas peatonales, carreteras, parques, etc.

Reflectores LED: concentran de la luz en un ángulo sólido por medio de espejos o lentes para conseguir una intensidad luminosa elevada en una zona determinada. Existen tres tipos básicos de proyectores: con simetría de rotación, simétricos y asimétricos.

2.2.7.2. Tipos de luminarias LED

- **Luminaria de nueva instalación:**

Donde todos sus componentes son nuevos, especialmente diseñados para ese tipo de luminaria, es decir, que ninguna de sus partes fue utilizada anteriormente en otra luminaria.

- **Luminaria modificada (re-lamping):**

Donde se reemplaza las convencionales lámparas de vapor de sodio, halogenuros metálicos, etc., por lámparas LED de conexión directa, conservando el armazón de la anterior lámpara.

- **Luminaria modificada (retrofit):**

Tal como se observa, en estas luminarias se modifica su diseño original, sean estas modificaciones mecánicas y/o eléctricas obteniendo un cambio en menor o mayor grado de las condiciones iniciales de la luminaria.



Figura 34: Luminaria tipo retrofit

Fuente: (Schröder, n.d.)

2.2.7.3. Partes de una Luminaria LED común

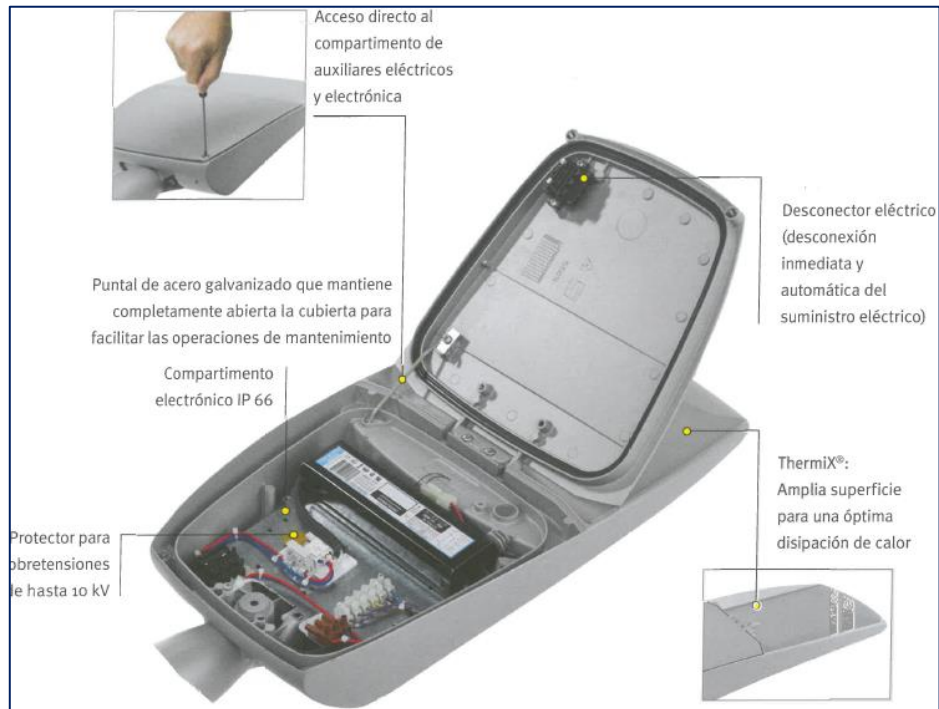


Figura 35: Partes de una luminaria LED (Vista de planta).

Fuente: (Schröder, n.d.)



Figura 36: Partes de una luminaria LED (Vista lateral)

Fuente: (Schröder, n.d.)



2.2.7.4. Alimentación y regulación de alumbrado LED

Los LED no se pueden conectar directamente a la red eléctrica, ya que su alimentación necesita ser adaptada adecuadamente a cada tipo de luminaria, para esto se utiliza un controlador, conocido como driver, el cual se encarga de reducir y rectificar el voltaje recibido desde la red eléctrica de la manera más eficiente y segura posible, para adecuarlo a las características de funcionamiento de los LED.

El voltaje de la salida del driver se establece en base a la cantidad de leds que serán conectados a él, mientras que la corriente se mantendrá constante para todos los módulos LED, para que la luminosidad del conjunto sea la misma.

La energía que se envía a la salida del driver es inferior a la que ingresa al mismo, debido a las pérdidas que siempre tienen este tipo de dispositivos electrónicos, además de la parte de energía que se disipa en forma de calor. Los fabricantes de drivers se enfocan en reducir estas pérdidas lo más posible, para estar próximos al 100% de eficiencia.

El driver se encarga de mantener la disipación de calor para no desperdiciar energía. De no ser por este componente, los LED no funcionarían, es más, se quemarían, ya que para operar correctamente necesitan solo miliamperios de corriente.

2.2.7.5. Evolución de la iluminación con tecnología LED

Desde su ingreso al mercado de la iluminación, las luminarias de tecnología LED han incrementado su eficiencia de manera significativa. Los métodos de iluminación convencionales, al ser obsoletos desde el punto de vista tecnológico, ya no disponen de margen de mejora en términos de eficiencia luminosa. En cambio, las luminarias de tecnología LED es una recién aparición al mercado de la iluminación, de manera que, si hoy en día la eficiencia de las bombillas se sitúa en el entorno del 25-30%, en el plazo de diez-quince años rondará el 90%.

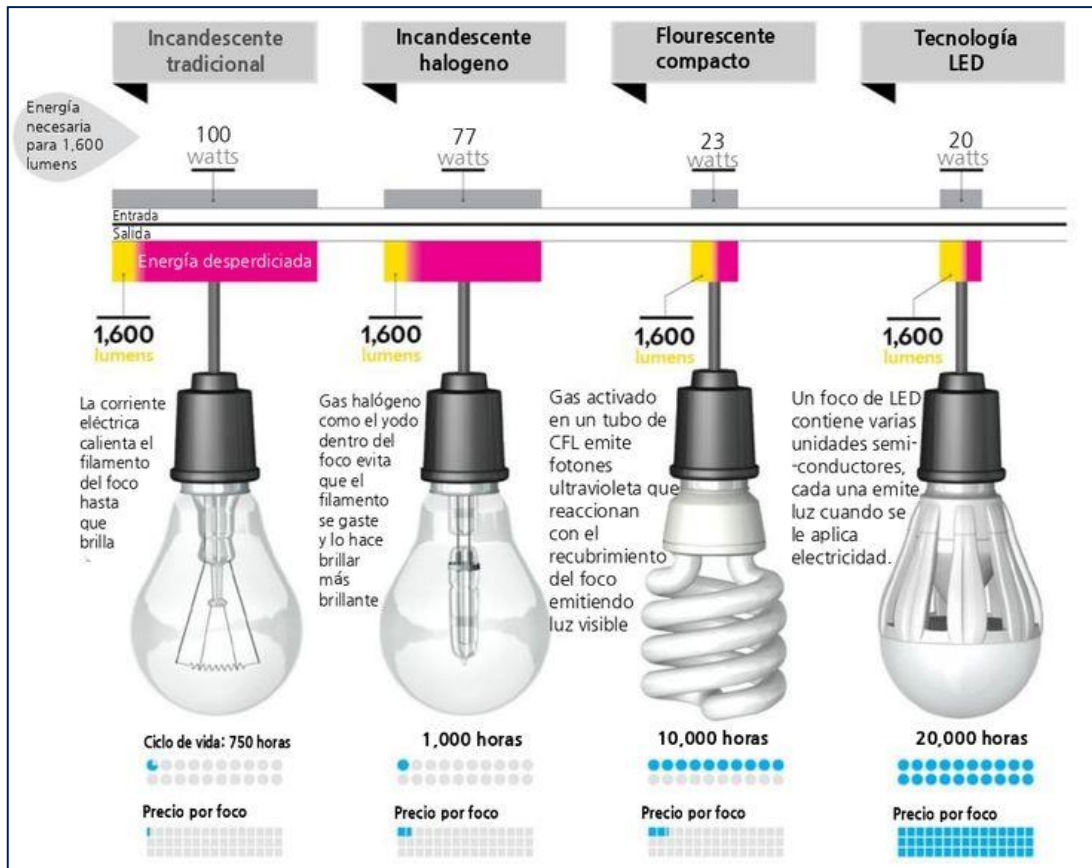


Figura 37: Evolución de la luminaria de tecnología LED

Fuente: (GenergyLED, 2016)

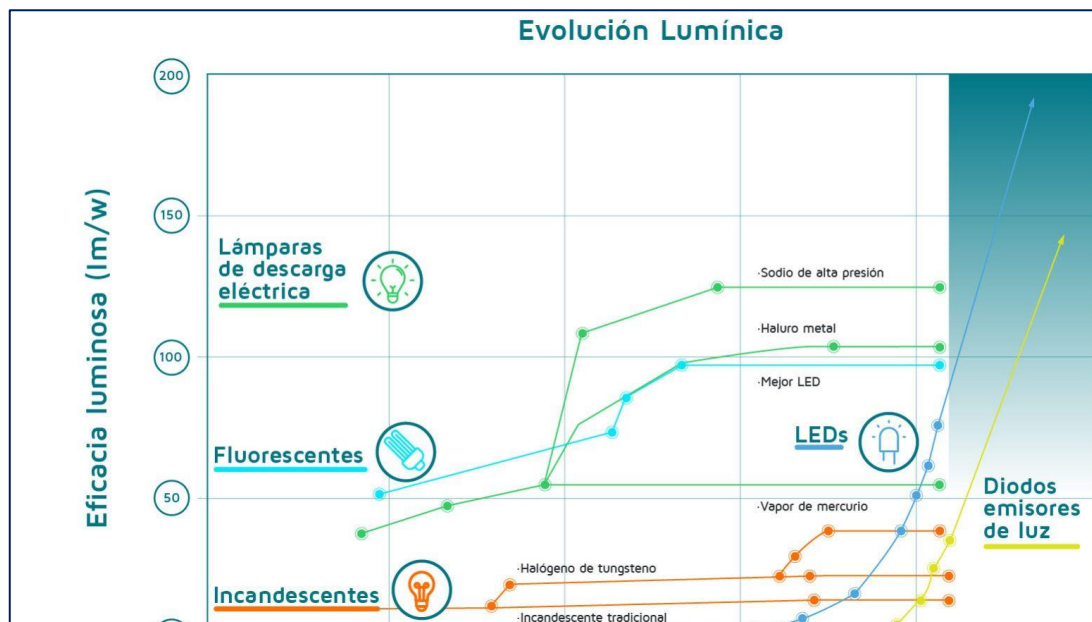


Figura 38: Evolución Lumínica

Fuente: (Lumina, n.d.)

Tabla 4: Iluminación según tipo de lámpara.

ILUMINACIÓN	
Con Lámparas Incandescentes	Estas son las de mayor consumo de energía y las más baratas, pero las de menor duración (Aproximado de 1000 horas).
Con Lámparas Halógenas	Estas lámparas tienen una vida útil superior a las incandescentes (Aproximado De 1500 horas), pero mantienen su eficiencia. También se caracterizan por la calidad especial de su luz para la iluminación de zonas necesitadas de iluminación intensa.
Con Lámparas Fluorescentes	En estas lámparas la eficiencia luminosa es mayor que en caso de las incandescentes, pero son más caros que las bombillas corrientes, sin embargo tienen un consumo energético del 80% menos de electricidad para la misma emisión luminosa y tienen una duración entre 8 y 10 veces superior (6000-9000 horas)
Con Lámparas de Bajo consumo	Estas son lámparas fluorescentes compactas, que con el pasar del tiempo se han ido adaptando al tamaño actual, formas y soportes de las bombillas convencionales.
(Light Emitting Diode) LED	El LED (Light-Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor (diodo) moderno del siglo XXI que emite luz cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica. Está comprobado por varios estudios que el LED es más eficiente energéticamente que las lámparas incandescentes o cualquiera de las lámparas y/o luminarias convencionales, siendo su rendimiento de hasta un 90 %.

Elaboración propia

Tabla 5: Datos técnicos de luminarias exteriores

	Potencia (W)	Flujo Luminoso (Lm)	Eficacia Luminosa (Lm/W)
Mercurio de alta presión	250	13500	54
	400	25000	57,6
	700	42000	60

“...continuación”

Halógenas	250	18000	72
	400	24000	67
	100	80000	80
Sodio de alta presión	250	25000	100
	400	47000	118
	1000	12000	120
Sodios de baja presión	55	8000	145
	135	22500	167
	180	33000	180

Fuente: (Lumina, n.d.)

2.2.7.6. Grados de protección (IP) en las luminarias LED

El Grado de protección IP hace referencia al estándar internacional IEC 60529 Degrees of Protection. El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que las luminarias deben tener según su función. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529. Es el estándar utilizado para definir los grados de protección de las luminarias LED, Los números IP siempre deben de estar indicados en todo tipo de focos led, bombillas led, bañadores led, proyectores led, tubos led, tiras led, etc. El tercer dígito, referente a la protección contra impactos mecánicos es generalmente omitido. (LEDBOXBlog, 2019)

IP – [] [] []

IP – Internacional protección

Primera cifra – Nivel de protección contra objetos sólidos

Segunda cifra – Nivel de protección contra el agua

Tabla 6: Protección IP contra objetos y suciedad

Nivel	Tamaño del objeto	Protección efectiva
0	–	Sin protección contra cuerpos extraños
1	<50 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm
2	<12.5 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 12.5mm
3	<2.5 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm
4	<1 mm diámetro	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm
5	Polvo	Protección completa contra contacto, sedimentaciones de polvos en el interior
6	Polvo fuerte	Protección completa contra contacto y penetración de polvo

Fuente: (LedboxNews, 2019)

Tabla 7: Protección IP contra agua y humedad

Nivel	Protección efectiva testeada
0	Sin protección
1	Protección contra goteo de agua (en caída vertical) – A razón de 3-5 mm ³ por minuto durante 10 minutos
2	Equipo 100% protegido contra goteo de agua (15° inclinada respecto a la vertical) – A razón de 3-5 mm ³ por minuto durante 10 minutos
3	Protección contra la pulverización del agua (hasta 60° respecto a la vertical) – 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos
4	Equipo 100% protegido contra agua pulverizada – 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Protección contra chorros de agua (desde cualquier ángulo) – 12,5 litros por minuto y a una presión de 30kN/m ² durante 3 minutos y a una distancia de 3 metros.
6	Equipo 100% protegido contra chorros de agua (desde cualquier ángulo) – 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m ² durante 3 minutos y a una distancia de 3 metros.

“...continuación”

7	Protección contra la inmersión temporal en agua – El objeto debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.
8	Equipo 100% protegido para las inmersiones en agua – El equipamiento debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continuada durante el tiempo que especifique el fabricante.

Fuente: (LedboxNews, 2019)

Tabla 8: Protección IP contra golpes

Nivel protección contra golpes	1	2	3	5	7	9
Energía del impacto (julios)	0,225	0,375	0,500	2,0	0,6	20,0
Masa que impacta (gramos)	150	250	250	500	1500	5000
Distancia (cm)	15	15	20	40	40	40

Fuente: (LedboxNews, 2019)

2.2.8. Eficiencia energética

2.2.8.1. Eficiencia energética de una instalación

En la instalación del alumbrado público con luminarias LED, la eficiencia energética es considerada como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right), \text{ donde:}$$

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m². lux/W)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m²);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux)



Asimismo, es posible determinar la eficiencia energética mediante la utilización de los siguientes factores:

ϵ_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum/W= m² lux/W);

f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\epsilon = \epsilon_L \times f_m \times f_u \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Donde:

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (ϵ_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento (f_m): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

2.2.9. Telegestión

La telegestión es la capacidad de controlar y supervisar los puntos de luz del exterior mediante un sistema inteligente a distancia.

Considérese los siguientes conceptos:

Telealarma: Sirve para alertar automáticamente en caso de avería o de fallo de funcionamiento de una instalación.



Telecontrol: Sirve para el controlar permanentemente y a distancia los equipos de una instalación.

Telemando: Sirve para actuar a distancia sobre los equipos instalados, así como gestionar a distancia el funcionamiento de las instalaciones.

Telegestión: Ayuda a registrar las informaciones con el fin de analizarlas y optimizarlas.

2.2.9.1. Sensores para luminarias LED

A parte de gestionar la intensidad luminosa por horarios y cantidad de tránsito, se puede efectuar un sistema más completo haciendo uso de sensores o detectores de localización, movimiento, velocidad, presencia, volumen de tráfico.

2.2.9.2. Sensores de luz solar.

El sistema inteligente de alumbrado público puede ser gestionado automáticamente cuando la luz solar llegue a ser inferior a un límite programado de insuficiencia de luz, para anocheceres, días nublado.

2.2.9.3. Sensores de detección de movimiento.

En lugares de poca actividad vehicular o peatonal, el nivel de las luminarias puede ser reducido a un nivel muy bajo y ser elevado cuando se lo necesite, disminuyendo el consumo de energía en un mayor porcentaje, aunque para considerar el uso de estos sensores se debe tomar en consideración aspectos de seguridad vehicular y peatonal.

2.2.9.4. Sensores de velocidad y dirección.

Estos sensores, en comparación con los sensores de movimiento garantizan la activación adecuada de las luminarias en una extensión mayor para garantizar la seguridad y visualización de la carretera en función de la velocidad de cada vehículo.

2.2.10. Sistemas de control

Schröder indica que existen los siguientes:

2.2.10.1. Stand Alone o Independiente

En este sistema, cada luminaria se comporta de manera independiente ya que disponen de su propia unidad de control. Disponen de celdas fotoeléctricas integradas en la unidad, permitiendo una instalación inmediata, haciendo fácil el reinstalarla en otra luminaria existente. Utiliza sensores de movimiento para detectar la presencia de vehículos y peatones, cada sensor se ajusta para evitar activaciones o intensidades innecesarias.

Presenta estas ventajas:

- Baja inversión y amortización rápida.
- Ahorro energético de hasta el 30% (Estudios realizados por Schröder).
- Fácil instalación.

2.2.10.2. Red Autónoma

Este sistema proporciona una gestión de la instalación de alumbrado público de manera autónoma gracias al sistema de comunicación que las interconecta entre sí. Se puede reforzar el sistema de gestión con el uso de sensores de movimiento para proporcionar seguridad y confort a los usuarios viales.

Las ventajas que presenta este sistema son:

- Gestión total de la instalación.
- Rápida amortización.
- Optimización del esquema de iluminación.
- Flexibilidad.



- Ahorro de energía de hasta el 50% (Estudios realizados por Schröder).
- Fácil instalación.
- Fácil programación.
- Reducción de costos de energía.
- Fiabilidad de la red.
- Red inalámbrica.

2.2.10.3. Red Interoperable.

Es una combinación de tecnologías orientadas al futuro con una interfaz web amigable al usuario gracias al internet de las cosas. Se la gestiona por medio de internet, de tal manera que sea capaz de supervisar el estado operativo, consumo de energía y posibles fallos desde cualquier lugar del mundo.

Las ventajas de este sistema son: Gestión total de la instalación.

- Flexibilidad y compatibilidad.
- Tecnología de punta (radiofrecuencia, geolocalización, servidor web, etc.)
- Costos de energía reducidas.
- Gestión de información, datos y alarmas.
- Tecnologías de comunicación inalámbrica como GPRS, wifi, radiofrecuencia, etc.

2.2.10.4. Regulación de intensidad luminosa del LED

Para poder tener una regulación en los LED se puede fácilmente reducir la corriente eléctrica que atraviesa el LED, para esto existen dos técnicas diferentes.

a. Regulación analógica.

Para ejecutar la técnica de regulación analógica hay que reducir la amplitud de la intensidad de corriente (I) que fluye hacia el LED, como se observa en la figura siguiente.

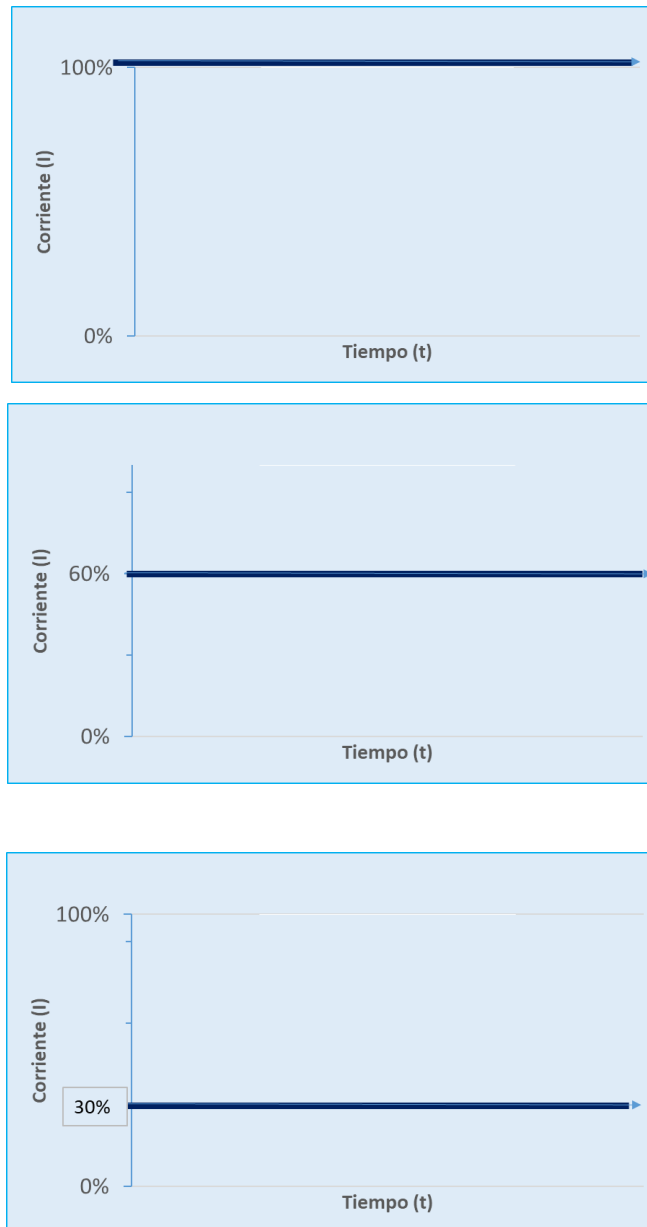


Figura 39: Regulación analógica.

Elaboración propia

b. Regulación por PWM (Pulse Width Modulation o Modulación por ancho de pulso).

El objetivo de aplicar esta técnica es variar a conveniencia en una señal periódica lo que se conoce como ciclo de trabajo, que para nuestro caso vendría a ser de tipo DC,

convirtiéndola en una señal cuadrada a una determinada frecuencia, para controlar la cantidad de energía que se envía al LED, como se observa en la Figura siguiente.

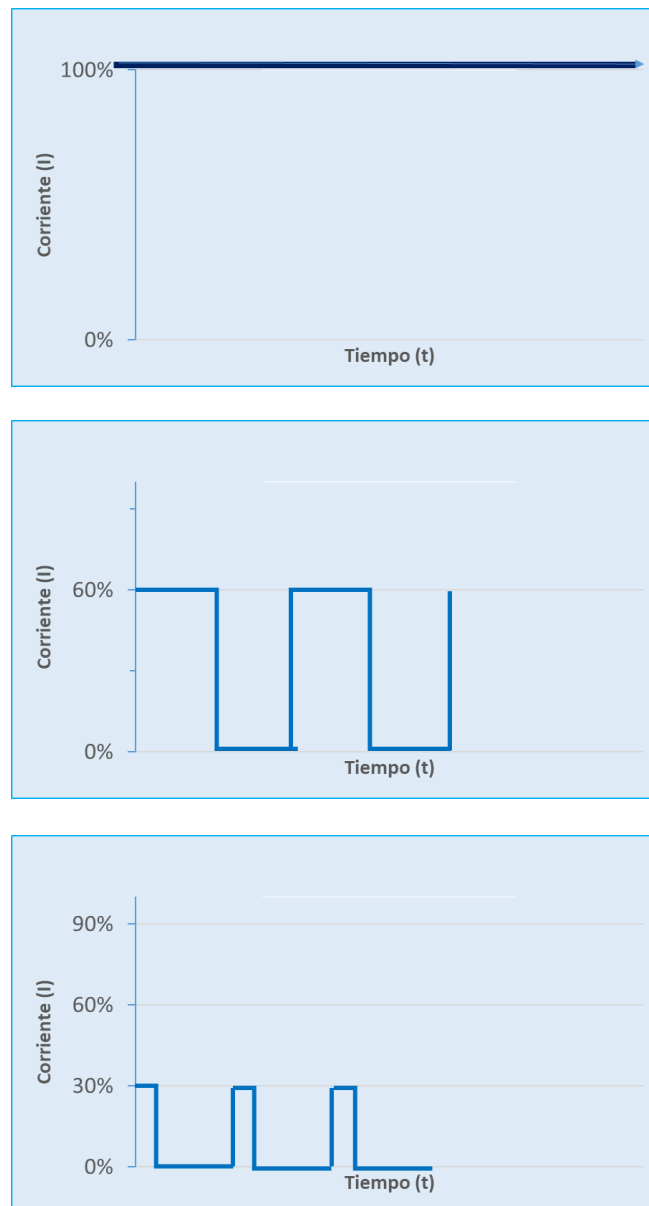


Figura 40: Modulación por ancho de pulso.

Elaboración propia.

2.2.11. Telegestión del alumbrado público con LEDs.

Un sistema de telegestión puede realizar las funciones de encendido, apagado o regulación de las lámparas, citadas anteriormente, así como medir los parámetros funcionales del sistema, analizarlos y detectar y comunicar averías en los mismos

mediante el empleo de redes de comunicación de datos cableadas o inalámbricas. (Flores, 2013)

Es decir, los sistemas de telegestión que emplean redes de comunicaciones sirven, además de para indicar una consigna en el lazo de control, como sistema de diagnóstico remoto de funcionamiento y de detección de disfunciones.

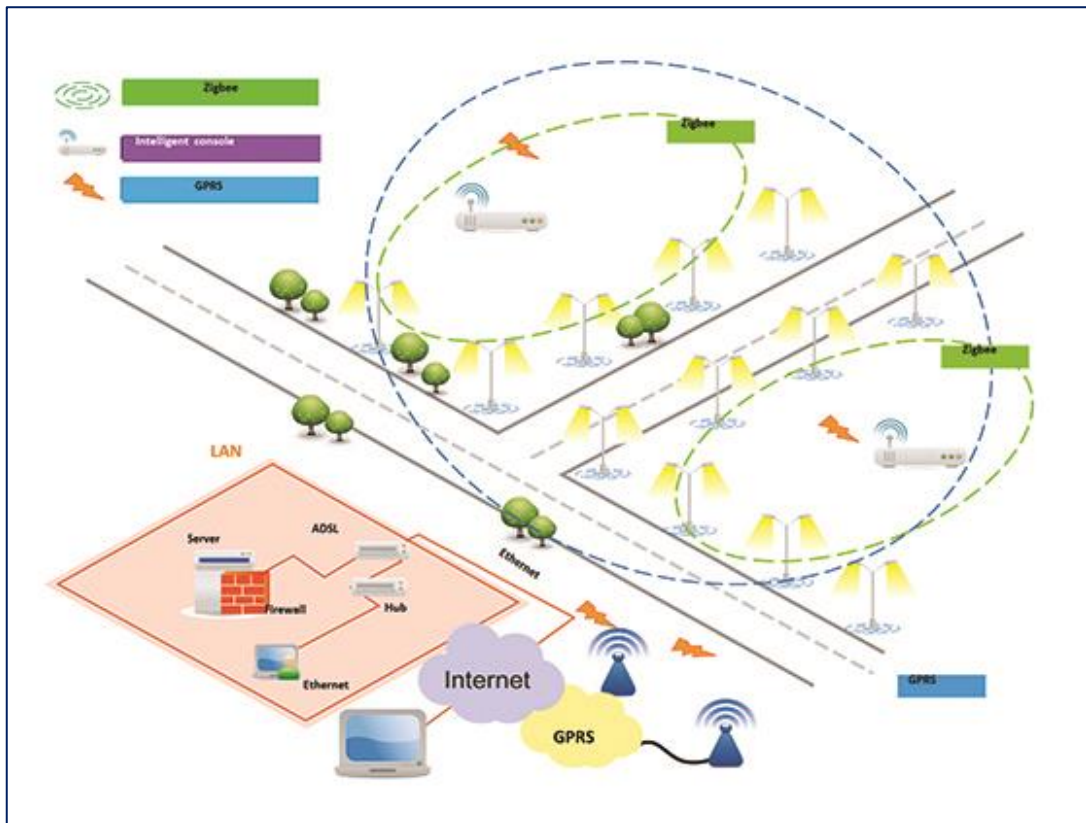
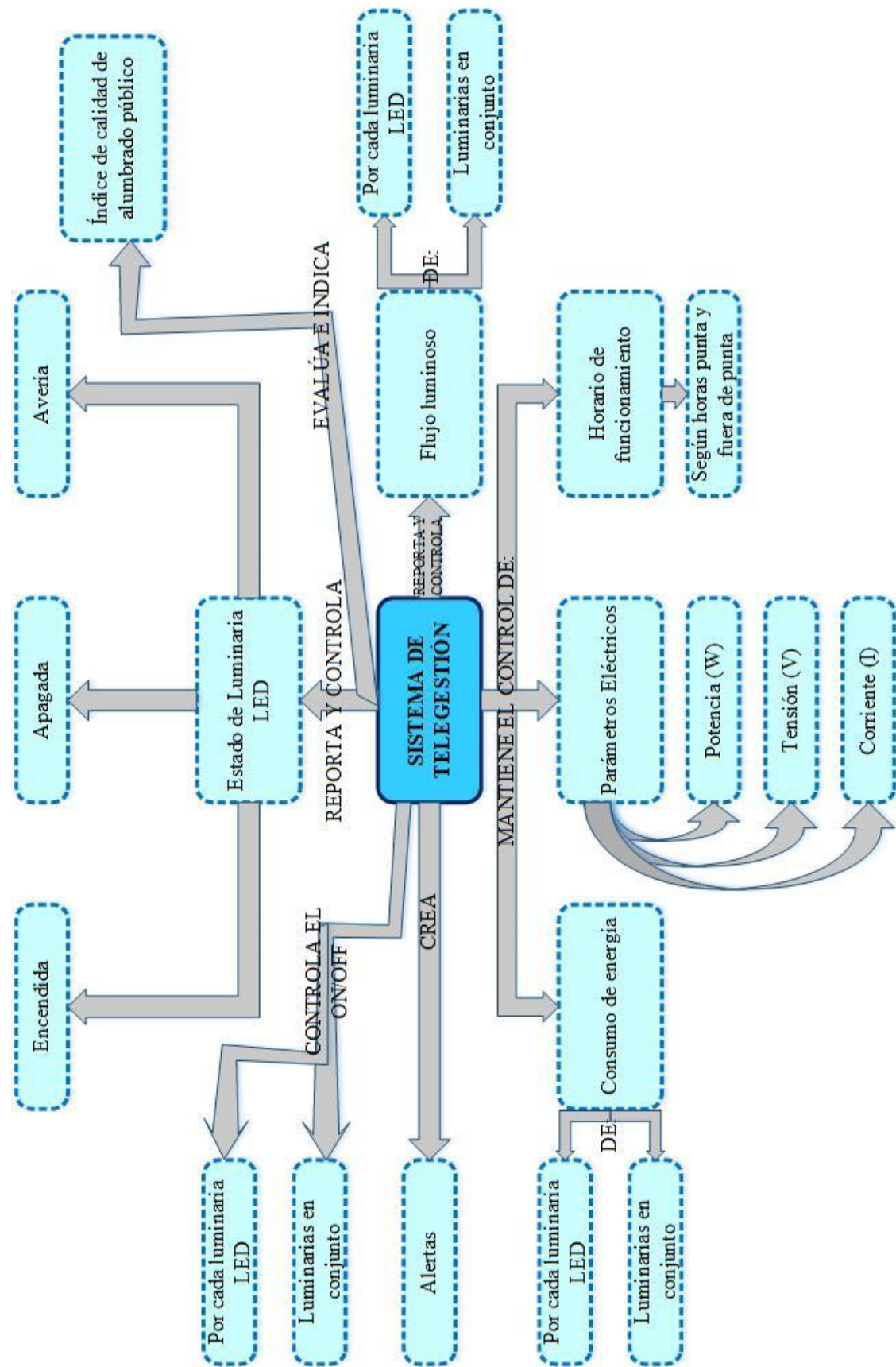


Figura 41: Telegestión de alumbrado público

Fuente: (Mach Electronics, 2019)

2.2.11.1. Diagrama de Sistema de Telegestión



Elaboración propia.

2.2.12. Módulos de sistema de telegestión

Un sistema de telegestión de alumbrado público tiene tres módulos que se agrupan de la siguiente manera:

Primer Nivel: Se realiza la instalación y/o montaje de luminarias LED con su respectivo driver que reportará la información y hace el control individual de cada punto de iluminación pública. El montaje es acorde a las especificaciones técnicas.

Además, ofrece una ventaja de detectar el funcionamiento y discernir la falla en cada uno de los puntos de iluminación con luminarias LEDs, transmitiendo los datos al siguiente nivel de control, mediante un sistema de comunicación.

Segundo Nivel: En este nivel se efectúa el montaje y/o instalación del centro de distribución, es decir un centro de control de circuitos, donde se hace el control para cada circuito de baja tensión que sale de la subestación de distribución y concentra la información de los puntos luminosos alimentados por dichos circuitos. Nos da una ventaja de poder realizar, en cada circuito de baja tensión, las maniobras necesarias, así como medir y analizar parámetros eléctricos deseados, detectar y analizar anomalías o averías que hubiera en cualquier punto. Desde este nivel se transmite al nivel superior la información recibida de cada uno de los puntos luminosos existentes en el nivel inferior y la información generada por la propia unidad instalada en cada centro de distribución.

Tercer Nivel: En este nivel corresponde a la instalación de centro de mando o sala de telegestión, donde se recibe la información de los centros de distribución y se hace el control de cada uno de ellos. Permite la supervisión y control de la infraestructura del sistema de Alumbrado Público del parque y mediante una unidad de control remoto o puesto de mando central, recibe la información de los otros dos niveles, a través del sistema de comunicación y la gestiona. Este nivel está compuesto por:



- Emisión de señales (generación de despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes).
- Análisis de datos (por ejemplo, cálculos de indicadores).
- Interrelación con otros sistemas de información.

2.2.13. Transmitancia en telegestión

2.2.13.1. Transmisión Alámbrica

La transmisión alámbrica de información es una opción para el proceso de obtención de parámetros eléctricos de los diferentes puntos de iluminación. La Comunicación con Cable Eléctrico PLC (Power Line Communications) es una tecnología que aprovecha el sistema eléctrico para la transmisión de datos y recepción de datos; considerándose una manera eficiente para la comunicación entre el centro de control telegestión y los diferentes puntos de iluminación del parque sin necesidad de considerar cableado adicional. Sin embargo, la transmisión inalámbrica de información es más eficiente en todos los sentidos.

Los módems PLC (Power Line Communications) transmiten en gamas de media y alta frecuencia entre 1,6 y 40 MHz dependiendo del sistema. Básicamente se usan 3 tipos de modulación

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation): Este puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex): Este usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying): es una forma especial de modulación en banda estrecha (p. e. Ascom).

2.2.13.2. Trasmisión Inalámbrica

La transmisión inalámbrica se refiere a las redes inalámbricas que se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Actualmente, existen tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones de datos según distancias.

Para la implementación del sistema de telegestión en el alumbrado de parques, es importante que la comunicación inalámbrica puede llegar a ser una solución ideal y factible, debido a que la información se transmitirá únicamente con el apoyo de internet.

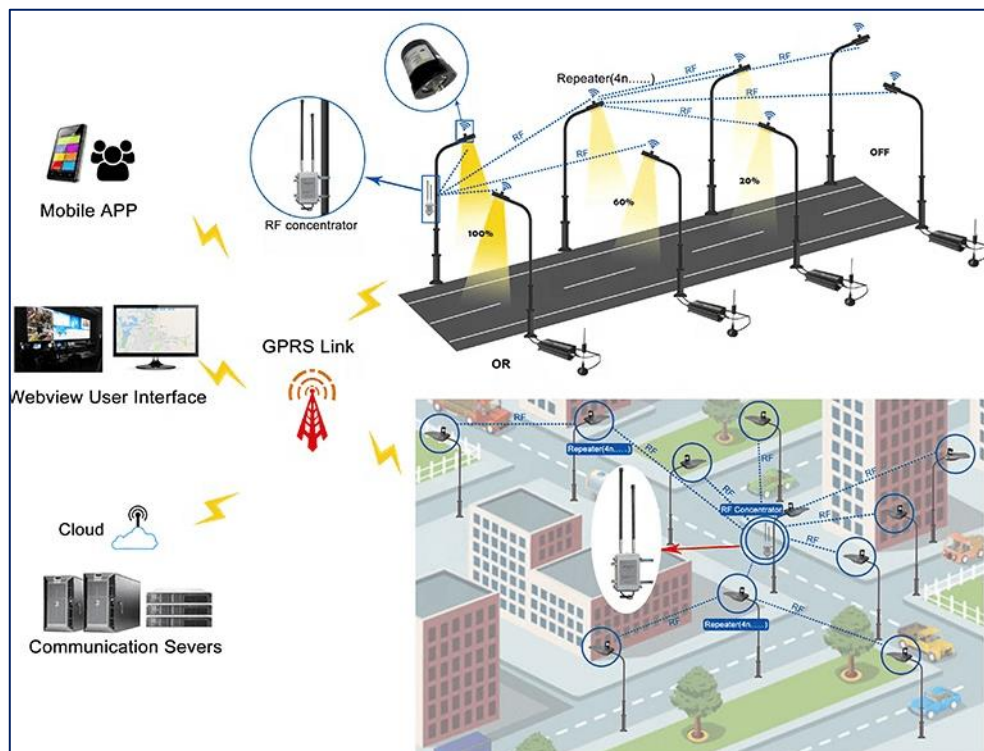


Figura 42: Sistema de telegestión (Trasmisión inalámbrica)

Fuente: (TuboLed, n.d.)

Un sistema de telegestión con trasmisión de datos inalámbricos, tiene las siguientes maneras:



Vía **WPAN** (Wireless Personal Area Networks, red Inalámbrica de área personal); es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tantas computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras, etc.) cercanos al punto de acceso. Estas Redes Normalmente Son De Unos Pocos Metros Y Para Uso Personal.

A través de la **Tecnología Zigbee**, Es una especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN)

El estándar IEEE 802.15.4: Define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN). El propósito del estándar es definir los niveles de red básicos para dar servicio a un tipo específico de red inalámbrica de área personal (WPAN).

Usando la **Tecnología Bluetooth**, Las conexiones que se realizan son de uno a uno con un rango máximo de 10 metros, si se deseara ampliar la distancia se tendría que utilizar repetidores los cuales nos ayuda a alcanzar una distancia de 100 metros.

Tecnología Wi-Fi, Esta tecnología usa la radiofrecuencia denominada IEEE 802.11a, 802.11b o 802.11g para proporcionar una conexión inalámbrica segura, fiable y rápida. Una red WiFi se puede utilizar para conectar ordenadores entre sí, a Internet y a las redes cableadas (que utilizan IEEE 802,3 o Ethernet). Las redes WiFi operan sin necesidad de licencia en las bandas de radio de 2,4 y 5 GHz, con una velocidad de transmisión de datos de 11 Mbps (802.11b) o 54 Mbps (802.11a) o con productos que



contengan las dos bandas (banda dual). Pueden proporcionar un rendimiento similar a las redes cableadas 10BaseT o Ethernet.

2.2.14. Software de sistema de telegestión

El software de sistema de telegestión es un software específico para administrar y analizar los datos emitidos por los sensores. El software de sistema de telegestión debe brindar las siguientes funcionalidades de gestión de datos del sistema de iluminación pública:

- Control y monitorización remota de toda la red de iluminación adaptada para sistema de telegestión.
- Controlar individualmente cada luminaria instalada y cada punto de luz (punto a punto), entregando las alarmas de mal funcionamiento de los equipos a través de mensajes de correo electrónico y facilitando el control de encendido y apagado de cada luminaria de manera individualizada o bien en grupos definidos por el usuario.
- Extensión con sistemas georreferenciados (GPS y otros) que faciliten la ubicación de cada punto de iluminación y la identificación de eventualidades en los puntos de luz.
- Administrar y comunicar sobre programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo, según corresponda, y repotenciación, así como los reportes de normalización, administración de grupos de trabajo: tiempos, materiales, combustible, herramientas y otros para obtener los mejores resultados en los trabajos de expansión, reposición y normalización.
- El software de telegestión del servicio de Alumbrado Público debe tener interfaces con el sistema de gestión de la red eléctrica de media y baja tensión.



Figura 43: Software de sistema de telegestión de alumbrado público

Fuente: (Nadilux, n.d.)

2.2.15. Análisis económico de proyectos

Para Medir la viabilidad es fundamental para saber si una empresa debe invertir de lleno por un proyecto y para esto es fundamental realizar el cálculo del VAN y el TIR (VAN corresponden al Valor Actual Neto, mientras el TIR es la Tasa Interna de Retorno).

2.2.16. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN de un proyecto es el valor presente de los flujos de dinero netos de una propuesta. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. (Mete, 2014)

El VAN se calcula de la siguiente manera:



$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN es un dato muy importante a tener en cuenta en el momento de la toma de decisión de inversión: en **primer lugar**, ver si las inversiones son posibles de realizar y, en **segundo lugar**, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

$VAN > 0$: El valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

$VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

2.2.17. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. (Mete, 2014)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos de tiempo

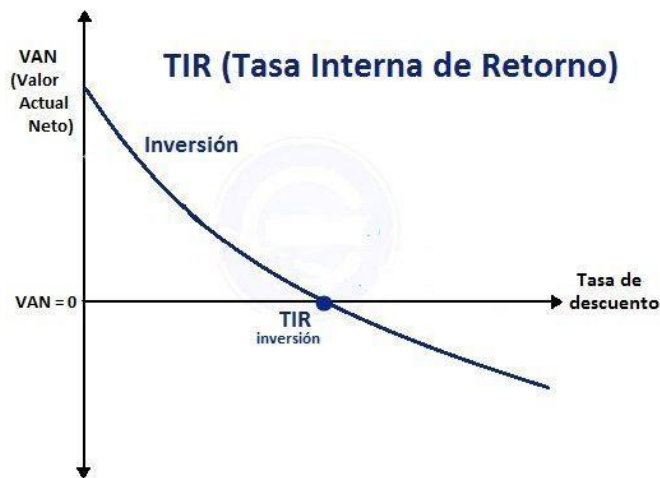


Figura 44: Representación gráfica de la TIR

Fuente: (Sevilla, n.d.)

El criterio de selección será el siguiente donde “ k ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

2.3. MARCO LEGAL

Para elaborar el presente proyecto de tesis, se ha verificado las siguientes fuentes legales:



- Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011.
- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- La Directiva N° 078-2007-OS/CD “Procedimiento de supervisión de la operatividad del Servicio de Alumbrado Público”
- La Norma Técnica DGE “Alumbrado De Vías Públicas En Zonas De Concesión De Distribución” aprobado mediante RM N° 013-2003-EM/DM.
- La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- Información estadística del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) correspondiente a los Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda 2008 y IX de Población y IV de Vivienda 1999-2005 del Departamento de Puno - Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Las Luminarias de Alumbrado Público con Tecnología LED, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha:

- IEC 60598-1 Luminaires - Part 1: General Requirements and Tests
- IEC 60598-2-3 Luminaires - Part 2-3: Particular Requirements Luminaires for Road and Street Lighting

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Hipótesis general

El análisis técnico-económico de sistemas de telegestión permitirá seleccionar y proponer un sistema para lograr la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.



2.4.2. Hipótesis específico

- Analizar los sistemas de telegestión existentes para la iluminación con luminarias con tecnología LED permitirá optimizar la eficiencia energética en el alumbrado de parques céntricos de la ciudad de Puno.
- El alumbrado público con sistema de telegestión ofrece ventajas técnicas y económicas frente al alumbrado convencional actual de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.
- Si es posible desarrollar un diagnóstico del estado actual del alumbrado convencional del Parque Pino, parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.

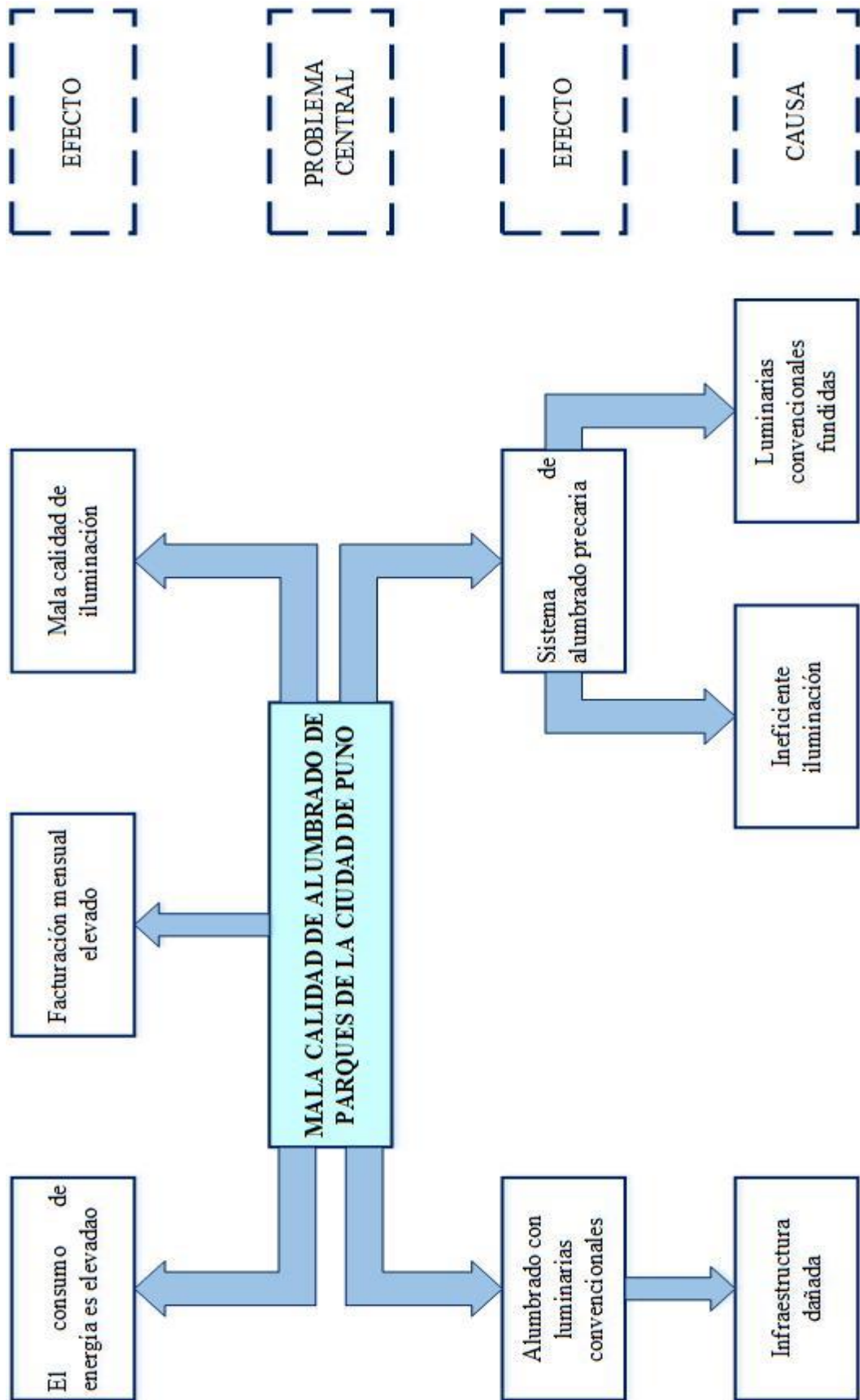
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 9: Operacionalización de variables.

1. VARIABLE	2. TIPO DE VARIABLE	3. DIMENSIONES	4. INDICADORES	5. NIVEL DE MEDICIÓN	6. UNIDAD DE MEDIDA	7. ÍNDICE	8. INSTRUMENTO
Análisis de sistemas de Telegestión	Variable Independiente	Medición del consumo de energía eléctrica Fiabilidad y seguridad de la red de alumbrado público	Reducción del consumo de energía. Parámetros eléctricos de la red de iluminación. Parámetros fotométricos de las luminarias LED. Reducción de costes de mantenimiento	De razón	Porcentaje	Índice de consumo de energía	Fichas de análisis Luxómetro
Mejorar la gestión energética y operativa de las luminarias LED	Variable Dependiente	Importancia de la iluminación de lugares públicos Eficiente iluminación pública Monitoreo, control y supervisión del alumbrado público	Alumbrado eficiente y seguridad en horas de la noche Parámetros eléctricos del circuito de alumbrado. Parámetros fotométricos de la luminaria Costes de mantenimiento	De razón	Excelente Regular Malo	Índice de consumo de energía	Observación Fichas de observación Luxómetro Analizador de calidad de energía

Elaboración propia

2.6. ESQUEMA DE FORMULACIÓN CAUSA – EFECTO



Elaboración Propia

2.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tabla 10: Matriz de consistencia.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODO EMPLEADO	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema General: ¿De qué manera podemos mejorar la iluminación pública de los principales parques de la ciudad de Puno, para así garantizar una iluminación eficiente?</p>	<p>Objetivo General: Efectuar el análisis técnico-económico de sistemas de telegestión para lograr la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.</p>	<p>Hipótesis General: El análisis técnico-económico de sistemas de telegestión permitirá seleccionar y proponer un sistema de telegestión para lograr la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.</p>	<p>Dependiente: Mejorar la gestión energética (Técnica y económica) y operativa (Mantenimiento) de las luminarias LED</p> <p>Independiente: Análisis de Sistemas de Telegestión</p>	<p>- Consumo de energía eléctrica. - Costo de energía consumida.</p> <p>- Aluminado basado en la eficiencia energética.</p>	<p>- Pruebas y/o mediciones en situ. - Análisis de Consumo de energía eléctrica. - Análisis económico de Consumo de energía. - Información comercial de Sistemas de telegestión en el mercado.</p>	<p>Población: Principales parques céntricos de la ciudad de Puno</p> <p>Muestra: Parque Pino, Parque de las Aguas y Parque Santa Rosa</p>
<p>Problemas Específicos: • ¿Cómo podemos lograr una iluminación eficiente energéticamente en el alumbrado público de parques considerando las luminarias de tecnología LED telegestionadas? • ¿Es posible optimizar la eficiencia energética en la iluminación de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno usando luminarias LED telegestionadas? • ¿Cómo podemos efectuar un diagnóstico del estado situacional del alumbrado público convencional de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno?</p>	<p>Objetivos Específicos: • Analizar los sistemas de telegestión existentes para optimizar la eficiencia energética en iluminación con luminarias con tecnología LED. • Realizar la comparación de ventajas técnicas y económicas que ofrece la iluminación con luminarias LEDs telegestionadas frente a la iluminación convencional sin control que se tiene actualmente en los parques de la ciudad de Puno. • Realizar un diagnóstico del estado actual del alumbrado público convencional del Parque Pino, parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.</p>	<p>Hipótesis Específicas: - Analizar los sistemas de telegestión existentes para la iluminación con luminarias con tecnología LED permitirá optimizar la eficiencia energética en el alumbrado de parques céntricos de la ciudad de Puno. - El alumbrado público con sistema de telegestión ofrece ventajas técnicas y económicas frente al alumbrado convencional actual de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno. - Si es posible desarrollar un diagnóstico del estado actual del alumbrado convencional del Parque Pino, parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.</p>				



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El método científico que se utilizará en el desarrollo del presente trabajo es el método cuantitativo, ya que se hará uso de los datos recolectados para probar la hipótesis del presente proyecto de investigación, con base a datos numéricos y el análisis estadístico descriptivo de los mismos.

Descriptivo, dado que la investigación descriptiva ofrece la posibilidad de predicción y requiere un conocimiento amplio del área que se investiga para formular las preguntas específicas que se busca responder.

Por otro lado, el método va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o el establecimiento entre conceptos, están dirigidos a responder las causas de los eventos físicos o sociales, que, para este trabajo, se hará uso de diferentes fuentes de información que garantizarán el punto de partida de la investigación, que ayudará a la creación una propuesta para la optimización de la eficiencia energética en el alumbrado de parques de la ciudad de Puno.

Explicativo, ya que se interpretará los datos estadísticos recolectados, y que se dará una alternativa, para optimizar la eficiencia energética través de una propuesta de implementación de sistema de telegestión para la iluminación con luminarias LED en los principales parques de la ciudad de Puno.



Esta es una investigación analítica, consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control. Además, se refiere a la proposición de hipótesis que el investigador trata de probar o invalidar.

3.1.2. Diseño de la investigación

Para efectuar un análisis económico y técnico de sistemas de telegestión para la iluminación con luminarias de tecnología LED en los principales parques de uso peatonal de la ciudad de Puno, se ejecutará el siguiente procedimiento:

Primero: Se realizará la recolección de la información descriptiva y técnica sobre sistemas de telegestión (Tipo de instalación, uso de sensores, condiciones climáticas de funcionamiento, sistema de protección, modalidades de servicio, eficiencia energética, medición y discriminación de costos, mantenimiento, vida útil).

Segundo: Se efectuará un análisis comparativo - estadístico, y luego se realizará una interpretación de datos y finalmente se evaluará la información recolectada. Se realiza el análisis de diagramas de funcionamiento de diferentes sistemas.

Tercero: Se realizará un procesamiento de los datos recolectados en los programas de ingeniería, para su posterior análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Cuarto: Se evaluará varias alternativas y del cual se escogerá una que tenga ventajas que ofrecer para lograr la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED telegestionadas en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.

Quinto: Se realiza la selección de una de las propuestas que sea factible para las condiciones de la ciudad de Puno, con fines de optimizar la eficiencia energética en la iluminación de parques ubicados en el centro de la ciudad de Puno.



Finalmente: Ratificar la hipótesis planteada si corresponde, con los fundamentos del caso.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población

Para el presente proyecto de tesis, se considera como población a investigar, el sector de alumbrado de los principales parques céntricos de la ciudad de Puno.

3.2.2. Muestra

El tamaño de la muestra de un universo finito menor a 100.000 elementos en el cual conocemos el tamaño total del universo, viene dado por la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

De donde:

Z = Distribución normal (tabla Z).

P = Variabilidad positiva.

Q = Variabilidad negativa.

N = Tamaño del universo.

E = Error muestral.

Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
%	75	80	85	90	95	95.5	99

La clase de muestreo a usar es el muestreo aleatorio simple, siendo las muestras para el presente trabajo los siguientes parques:

- Parque Pino.



- El parque las aguas.
- Parque Santa Rosa.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

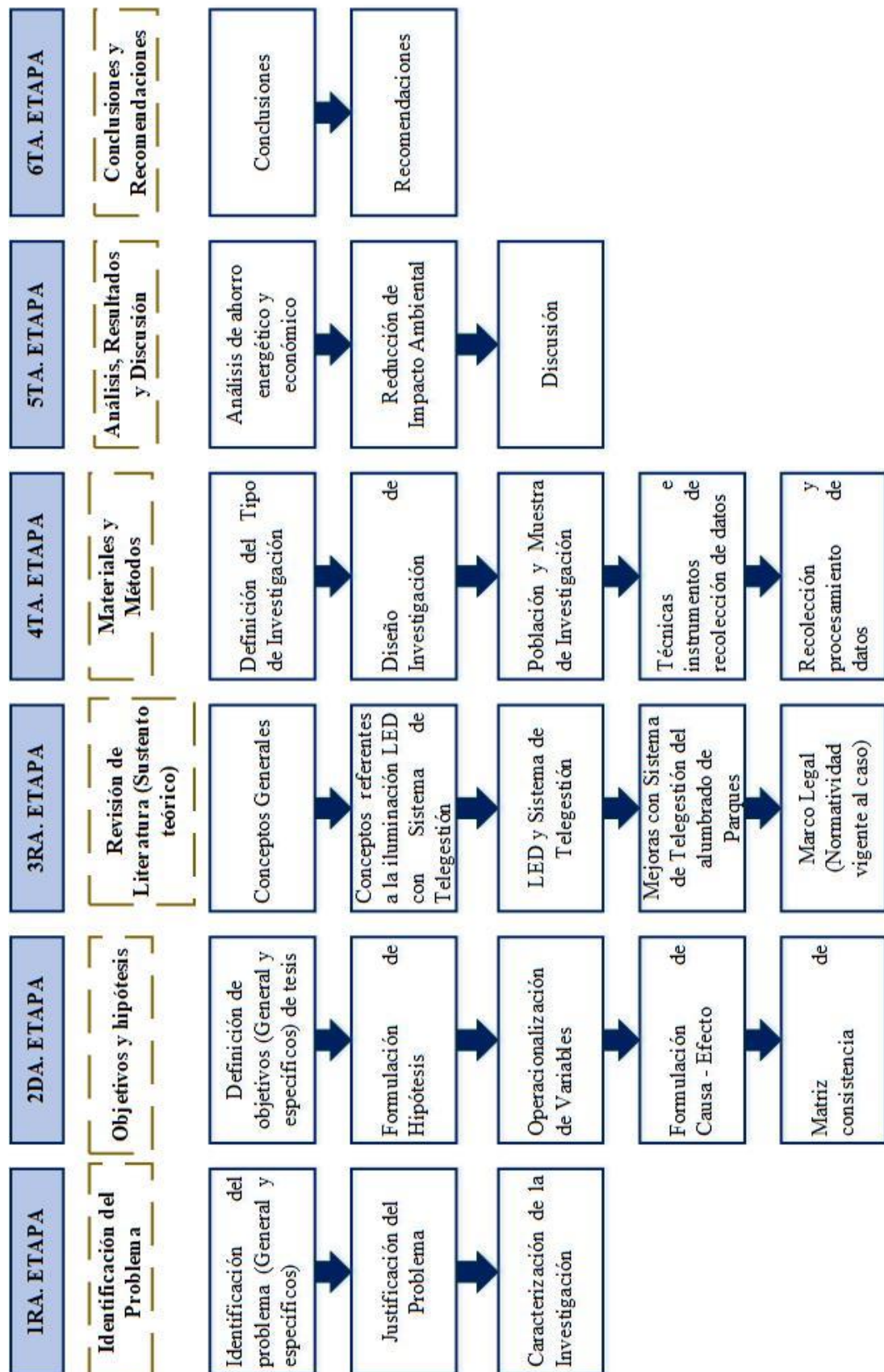
Las técnicas y herramientas para la recolección de datos para el presente trabajo de investigación serán los siguientes:

- Uso de web (Internet), libros o trabajos anteriormente realizados, con fines de elaborar un resumen de antecedentes y datos en el que se expongan en lo posible a un sistema de telegestión para la iluminación pública con luminarias de tecnología LED, así mismo, los avances tecnológicos en la iluminación de espacios públicos.
- Observación de “demos” de sistemas de telegestión y análisis documental.
- Investigación de normativas nacionales e internacionales, vigentes al caso.
- Técnicas utilizadas para el análisis del comportamiento de los diferentes sistemas de telegestión.
- Instrumento de medición que permite medir la iluminancia real.

Se empleó equipos y herramientas como luxómetro, Laptops, cámaras fotográficas, movilidad y otros.

3.3.1. Metodología de investigación

3.3.1.1. Metodología de desarrollo de tesis





3.3.1.2. Método hipotético deductivo

Este método fue utilizado para el proceso de colecta de información para el presente trabajo de investigación, ya que hace posible realizar observaciones de manera directa del comportamiento del sistema actual de alumbrado público en los principales parques de la ciudad de Puno, el tipo de luminarias instaladas y el estado de los mismos a la fecha, la intensidad de iluminación, y de este modo establecer una hipótesis de caso y luego proceder a la explicación del caso, y finalmente su comprobación.

3.3.1.3. Método analítico-sintético

Es aplicable el uso de este método debido a que se efectúa un análisis de forma y característica de los componentes del sistema actual de alumbrado público, sistema de control o telegestión, el tipo de luminaria utilizada, la potencia, intensidad de iluminación, etc.

3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el presente proyecto de tesis, el procedimiento de recolección de datos, está basado en la selección de información documental técnico adecuada, obtenidos a partir de:

- Investigación bibliográfica, estudios y proyectos de implementación de sistema de telegestión para la iluminación con luminarias de tecnología LED.
- Recolección de información sobre la operación de encendido, control y apagado de las luminarias a la Municipalidad Provincial, así mismo, a la empresa Electro Puno S.A.A. referente a la situación actual de la iluminación de los parques de la ciudad de Puno, estadística de interrupciones, características técnicas de los equipos de iluminación, diagrama de cargas, sistema de monitoreo y/o control, telegestión, etc.



- Indagar y revisión de información conveniente al caso de las diferentes fuentes de información, como, Internet, libros y artículos.
- Realizar visitas en situ para la observación directa de la actual forma de iluminación de parques y toma de datos necesarios.
- Ejecución de consultas al asesor de tesis, a profesionales y especialistas del área.
- Desarrollo de Análisis de demos de sistemas de telegestión, dibujo de planos.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En el presente trabajo, para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó los siguientes fuentes y procesador de información, acorde al presente tema de investigación:

- Software Autodesk (AutoCAD 2016): Usado para dibujo de planos de ubicación, distribución, estructuras, otros.
- GPS: Para obtener las coordenadas de ubicación de un punto.
- Software DIALux evo versión 8.2: Para verificación y simulación de la iluminación.
- ArcGIS – GIS ELPU: Soporte para elaboración de planos.
- Luxómetro Digital Gm1010,0 Lux~200,000 Lux Benetech: Para mediciones en situ.
- Hoja de Cálculo de Microsoft Office Excel 2016: Para procesamiento y analisis de datos tomados em situ.
- Microsoft® Office Word 2016: Soporte para la documentación de la investigación.
- Otros (Cámara, laptop, calculadora, Impresora)



Figura 45: Luxómetro Digital Gm1010,0

Elaboración Propia.

3.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

3.6.1. Ubicación geográfica

La zona del proyecto se encuentra entre el Distrito, Provincia y departamento de Puno. La presente tesis tendrá como objeto de investigación los principales parques céntricos de la ciudad de Puno, los cuales se consideran principales según el flujo de personas y por su cercanía al centro de la ciudad de Puno (Plaza de armas).

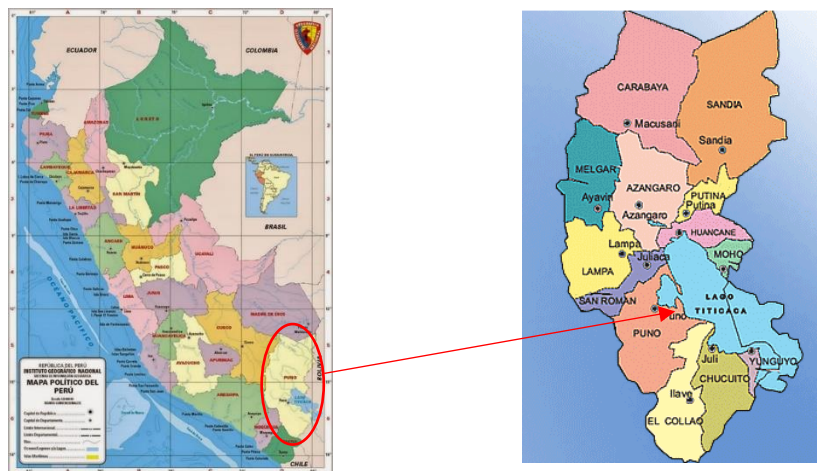


Figura 46: Ubicación general

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, 2019)



Figura 47: Ubicación geográfica de la ciudad de Puno.

Fuente: (GoogleMaps, 2019)

3.6.2. Condiciones climatológicas

El área del proyecto cuenta con un clima frío, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. Puno se encuentra a orillas del Lago Titicaca, el lago navegable más alto del mundo, el cual ejerce un efecto termorregulador en la zona ribereña. Las características ambientales acorde a SENAMHi son la siguientes:

Tabla 11: características Ambientales

Temperatura promedio	8.4 °C
Temperatura máxima	18.8 °C
Temperatura mínima	-14.0 °C
Altitud sobre el nivel del mar	3826 m.s.n.m.
Velocidad máxima del viento	28.8 Km/h

Fuente: (SENAMHi, 2019)

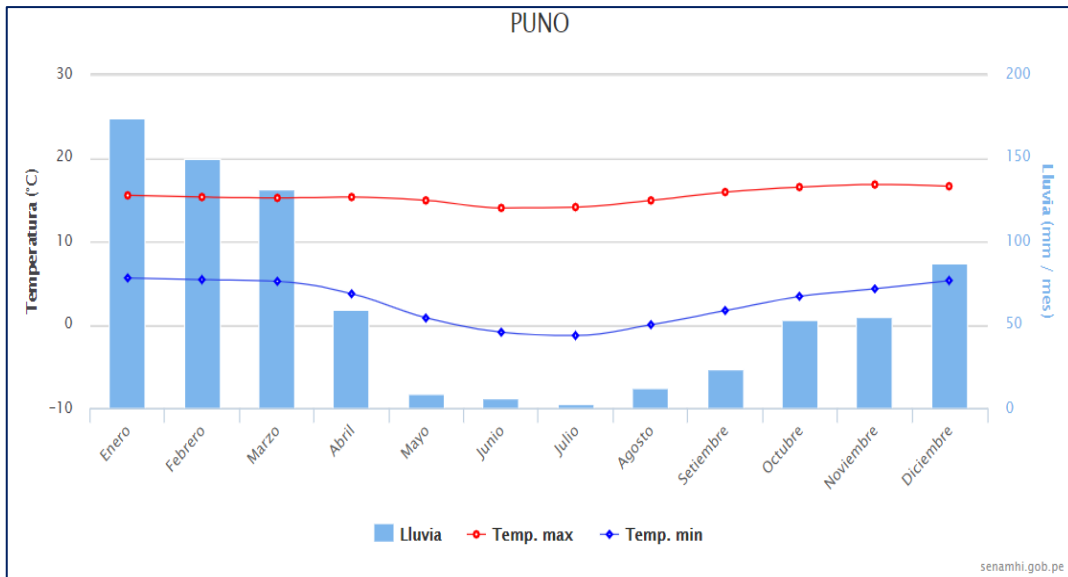


Figura 48: Resumen de datos de condiciones climatológicas de Puno

Fuente: (SENAMHi, 2019)

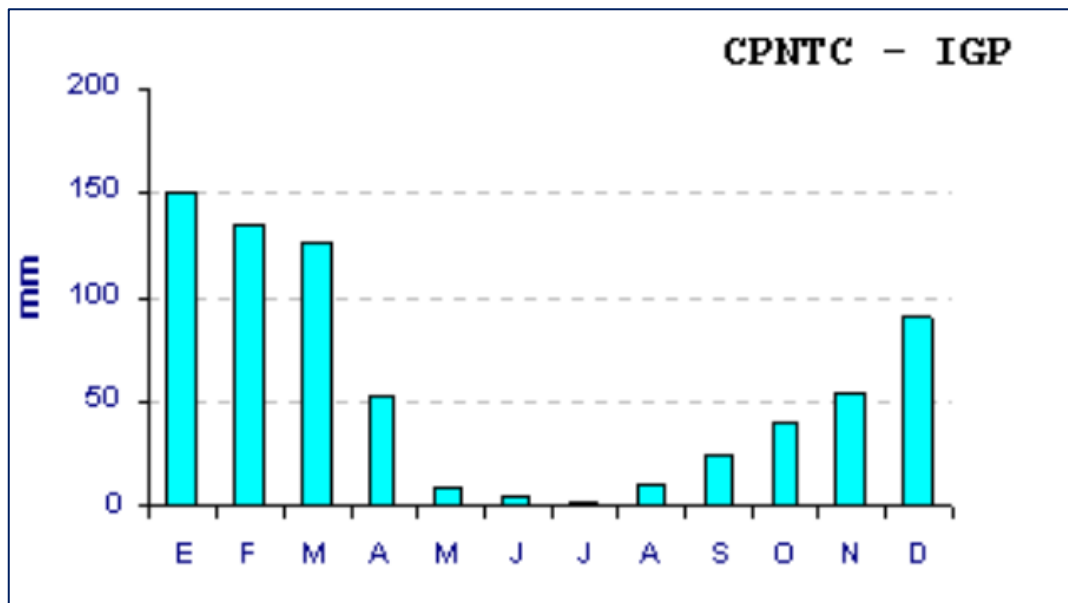


Figura 49: Promedios multianuales de precipitación acumulada mensual

Fuente: (SENAMHi, 2019)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Situación actual del alumbrado público

4.1.1.1. Estado situacional de alumbrado Parque Pino

Se realizó la verificación y toma de datos sobre el estado situacional 2019 del sistema de alumbrado público del Parque Pino de la ciudad de Puno.



Figura 50: Estado actual de alumbrado Parque Pino.

Elaboración Propia

Habiéndose tomado los siguientes datos:

- Área total: 2029.53 m²
- Perímetro: 170.83 m
- Cantidad de Punto de iluminación: 20 Puntos
- Cantidad de lámparas: 32 lámparas.



Figura 51: Tipo de iluminación actual del Parque Pino.
Elaboración Propia

Como se observa en la imagen anterior, actualmente el alumbrado del Parque Pino de la ciudad de Puno es con luminarias convencionales de Vapor de sodio de 250W, siendo estas luminarias de carácter no ecológica, luminarias que no ofrecen un alumbrado con eficiencia energética.

4.1.1.2. Estado actual de alumbrado de Parque de las Aguas

Se efectuó una verificación y toma de datos sobre la condición actual del sistema de alumbrado del Parque de las aguas, para de esta manera tener datos reales sobre el actual sistema de iluminación y su estado actual.

Habiéndose tomado los siguientes datos:

- Área total: 803.70 m²
- Perímetro: 128.62 m
- Cantidad de Punto de iluminación: 18 Puntos
- Cantidad de lámparas: 54 lámparas.



Figura 52: Situación actual del Parque de las Aguas, Puno.
Elaboración Propia



Figura 53: Luminarias actuales instaladas en el parque.
Elaboración Propia



Figura 54: Luminaria actual ornamental del tipo fluorescente (Luminaria convencional-farola)
Elaboración Propia

Como se puede observar en las figuras anteriores, actualmente, la iluminación del parque de las aguas de la ciudad De Puno se encuentra muy defectuoso, con lámparas no ecológicas, con lámparas que ya no funcionan.



Figura 55: Calidad de Iluminación Parque de las Aguas

Elaboración Propia

4.1.1.3. Estado actual de alumbrado Parque Santa Rosa.

Se realizó la inspección del parque Santa Rosa, que está ubicada en la parte posterior de la Iglesia central de Puno, verificándose su estado actual, tipo de estructuras, el área de iluminación, tipo de luminarias, cantidad. De la siguiente manera:



Figura 56: Sistema de alumbrado actual del Parque Santa Rosa.
Elaboración Propia

Habiéndose tomado los siguientes datos:

- Área total : 921.85 m²
- Perímetro : 133.80 m
- Cantidad de estructuras : 13
- Cantidad de Punto de iluminación : 13
- Cantidad de lámparas : 13
- Tipo de lámparas : Vapor de Sodio
- Potencia de Lámparas : 250W



Figura 57: Estructura y luminaria actual Parque Santa Rosa.

Elaboración Propia



4.1.2. Calidad del servicio de alumbrado público

4.1.2.1. Inspección de alumbrado Parque Pino

FICHA DE INSPECCIÓN			
Lugar:	Parque Pino		
Fecha de Prueba:	29 de noviembre de 2019.	Hora: 23:00h	
1. MATERIALES Y EQUIPOS			
Instrumento:	Marca:	Modelo:	Año:
Luxómetro digital	Lux Benetech	Gm1010,0	2019
2. DATOS DE INSPECCIÓN/OBSERVACIÓN			
N° de puntos de iluminación	20		
N° de Lámparas	32		
Altura de montaje	5m		
Tipo de estructura	Metálica y concreto		
Tipo de lámparas	Vapor de sodio		
Potencia	250W		
Punto de iluminación	Luminarias operativas	Luminarias inoperativas	Total
Estructura N° 01 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 02 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 03 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 04 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 05 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 06 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 07 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 08 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 09 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 10 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 11 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 12 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 13 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 14 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 15 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 16 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 17 (Poste de C.A.C.)	04	0	04
Estructura N° 18 (Poste de C.A.C.)	04	0	04
Estructura N° 19 (Poste de C.A.C.)	04	0	04
Estructura N° 20 (Poste de C.A.C.)	04	0	04
TOTAL	32	0	32

Elaboración Propia



4.1.2.2. Inspección de alumbrado Parque de las Aguas

PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ILUMINACIÓN			
Lugar:	Parque de las Aguas		
Fecha de Prueba:	28 de noviembre de 2019.	Hora: 23:00h	
1. MATERIALES Y EQUIPOS			
Instrumento:	Marca:	Modelo:	Año:
Luxómetro digital	Lux Benetech	Gm1010,0	2019
2. DATOS DE INSPECCIÓN/OBSERVACIÓN			
N° de puntos de iluminación		18	
N° de Lámparas		54	
Altura de montaje		5m	
Tipo de estructura		Metálica	
Tipo de lámparas		Fluorescente	
Potencia		80W	
Punto de iluminación	Luminarias operativas	Luminarias inoperativas	Total
Estructura N° 01	0	3	3
Estructura N° 02	1	2	3
Estructura N° 03	2	1	3
Estructura N° 04	0	3	3
Estructura N° 05	1	2	3
Estructura N° 06	2	1	3
Estructura N° 07	1	2	3
Estructura N° 08	0	3	3
Estructura N° 09	2	1	3
Estructura N° 10	1	2	3
Estructura N° 11	1	2	3
Estructura N° 12	3	0	3
Estructura N° 13	2	1	3
Estructura N° 14	2	1	3
Estructura N° 15	2	1	3
Estructura N° 16	2	1	3
Estructura N° 17	0	3	3
Estructura N° 18	2	1	3
TOTAL	24	30	54
3. PUNTOS DE MEDICIÓN			
Lugar		Iluminancia (Lux)	
Punto N° 01		20.3	
Punto N° 02		22.36	
Punto N° 03		3.5	
Punto N° 04		8.9	
Punto N° 05		18.6	

Elaboración Propia

La evaluación de la calidad de servicio de alumbrado público del Parque de las Aguas, se realiza según la norma de Calidad Del Alumbrado Público de OSINERGMIN.



Figura 58: Puntos de medición con Luxómetro.

Elaboración Propia

Habiendo realizado la medición y obtenido los datos, se puede apreciar que el diseño de iluminación del parque existente no ofrece una iluminación homogénea, incumpliendo de esta manera los estándares de niveles iluminación establecido en la norma Técnica DGE “Alumbrado De Vías Públicas En Zonas De Concesión De Distribución”- Alumbrado Especial.



4.1.2.3. Verificación de alumbrado Parque Santa Rosa

FICHA DE INSPECCIÓN			
Lugar:	Parque Santa Rosa		
Fecha de Prueba:	30 de noviembre de 2019.	Hora:23:00h	
1. MATERIALES Y EQUIPOS			
Instrumento:	Marca:	Modelo:	Año:
Luxómetro digital	Lux Benetech	Gm1010,0	2019
2. DATOS DE INSPECCIÓN/OBSERVACIÓN			
N° de puntos de iluminación	13		
N° de Lámparas	13		
Altura de montaje	5m		
Tipo de estructura	Metálica		
Tipo de lámparas	Vapor de sodio		
Potencia	250W		
Punto de iluminación	Luminarias operativas	Luminarias inoperativas	Total
Estructura N° 01 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 02 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 03 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 04 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 05 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 06 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 07 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 08 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 09 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 10 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 11 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 12 (Estructura metálica)	01	0	01
Estructura N° 13 (Estructura metálica)	01	0	01
TOTAL	13	0	13

Elaboración Propia

La evaluación de la calidad de servicio de alumbrado público del Parque Santa Rosa, se realiza según la norma de Calidad Del Alumbrado Público de OSINERGMIN.

4.1.3. Base de datos del sistema de alumbrado público

4.1.3.1. Datos Parque Pino

Tabla 12: Cantidad de luminarias actualmente instaladas – Parque Pino.

Ítem	Luminaria	Tipo De Instalación	Potencia (W)	Nivel De Potencia	Forma De Control	Tipo De Alumbrado	Total De Luminarias
1	Luminaria Fluorescente	0	0	0	0	0	0
2	Vapor de Sodio	En estructura metálica	250	Constante	Manual	Ornamental	16
		Poste C.A.C.	250	Constante	Manual	Clásico	16
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL							32

Elaboración Propia

Tal como se muestra los datos de la tabla anterior, actualmente el Parque Pino de la ciudad de Puno cuenta con una iluminación convencional de Luz amarilla con luminarias de vapor de sodio 250W al 100% operativas con un flujo luminoso constante durante toda la noche.

4.1.3.2. Datos Parque de las Aguas

Tabla 13: Cantidades de luminarias actualmente instaladas – Parque de las Aguas.

Ítem	Luminaria	Tipo De Instalación	Potencia (W)	Nivel De Potencia	Forma De Control	Tipo De Alumbrado	Total De Luminarias
1	Luminaria Fluorescente	En estructura metálica	80	Constante	Manual	Ornamental	54
2	Vapor de Sodio	0	0	0	0	0	0
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL							54

Elaboración Propia



Tabla 14: Estado de luminarias(operativa/inoperativa) actualmente en el Parque de las Aguas.

Punto de iluminación	Luminarias operativas	Luminarias inoperativas	Total
Estructura N° 01	00	03	03
Estructura N° 02	01	02	03
Estructura N° 03	02	01	03
Estructura N° 04	00	03	03
Estructura N° 05	01	02	03
Estructura N° 06	02	01	03
Estructura N° 07	01	02	03
Estructura N° 08	00	03	03
Estructura N° 09	02	01	03
Estructura N° 10	01	02	03
Estructura N° 11	01	02	03
Estructura N° 12	03	00	03
Estructura N° 13	02	01	03
Estructura N° 14	02	01	03
Estructura N° 15	02	01	03
Estructura N° 16	02	01	03
Estructura N° 17	00	03	03
Estructura N° 18	02	01	03
TOTAL	24	30	54

Elaboración Propia

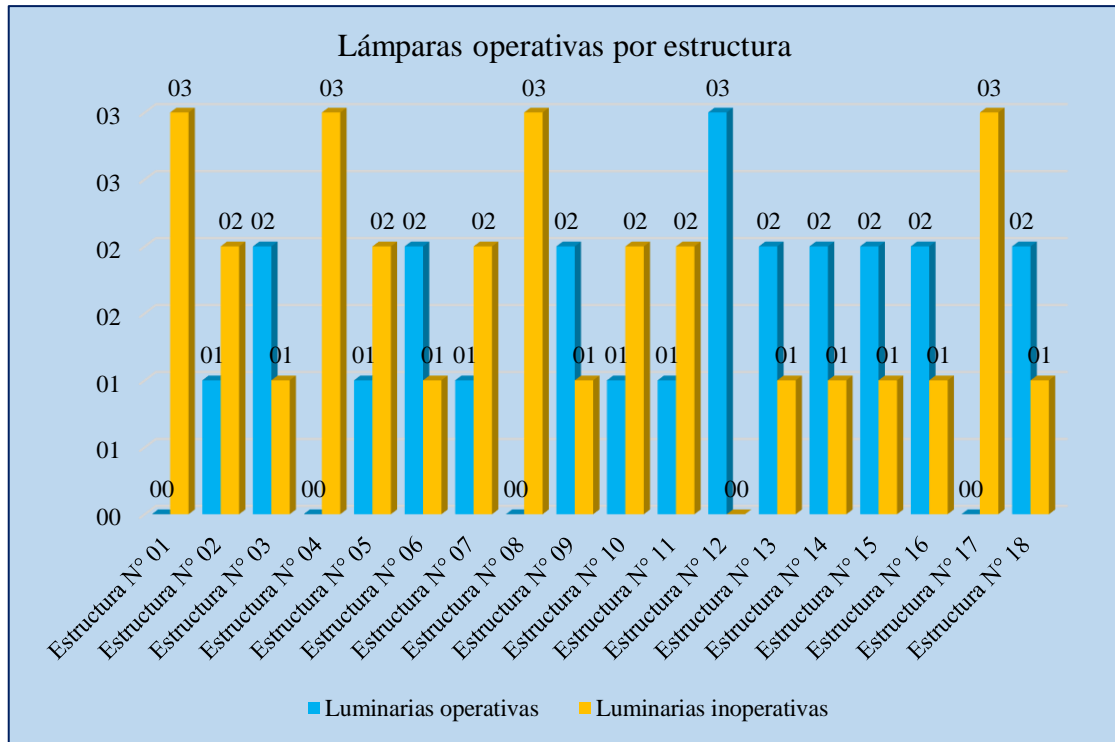


Figura 59: Estadística de la situación actual de la iluminación del Parque de las Aguas.

Elaboración Propia

4.1.3.3. Datos de estado situacional Parque Santa Rosa

Tabla 15: Total de luminarias instaladas actual Parque Santa Rosa

Ítem	Luminaria	Tipo De Instalación	Potencia (W)	Nivel De Potencia	Forma De Control	Tipo De Alumbrado	Total De Luminarias
1	Luminaria Fluorescente	0	0	0	0	0	0
2	Vapor de Sodio	En estructura metálica	250	Constante	Manual	Ornamental	13
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL							13

Elaboración Propia

4.1.4. Consumo de energía eléctrica

Para efectuar el cálculo respectivo de consumo de energía eléctrica, se usa la siguiente formula: $E=P*t$ Dónde:

E= es la energía consumida por las luminarias conectadas a la red [J]

P= es la potencia de las luminarias [W]

t= es el tiempo en que las luminarias se encuentran encendidas [h]

Fex= es el Factor de expansión de pérdidas promedio, debido a las pérdidas producidas en; Líneas de Transmisión, paso de Subestaciones, Transformación y líneas de Distribución hasta llegar a energizar la luminaria, por consiguiente, su valor promedio es 1,077. Considerando que el tiempo de operatividad de las luminarias en los parques es un promedio de 12 horas diarias, por los 30 días del mes y durante los 365 días del año.

$$E= P \times t \times N^{\circ} \text{ luminarias} * Fex \quad [Kw.h]$$

4.1.4.1. Consumo de energía Parque Pino

Tabla 16: Consumo De Energía Eléctrica Según Luminaria, Parque Pino.

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (W.h)			
				Noche 12 h	Semanal 84 h	Mensual 360 h	Anual 4380 h
1	Luminaria Fluorescente	0	0	0	0	0	0
2	Vapor de Sodio	32.00	250.00	96000 W.h	672000 W.h	2880000 W.h	35040000 W.h
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL		32.00	-	96000 W.h	672000 W.h	2880000 W.h	35040000 W.h

Elaboración Propia

Tabla 17: Cuadro Resumen de Consumo de energía eléctrica, Parque Pino.

	Energía Consumida (kW.h)
Noche	96.00
Semanal	672.00
Mensual	2,880.00
Anual	35,040.00

Elaboración Propia

4.1.4.2. Consumo de energía Parque de las Aguas

Tabla 18: Consumo De Energía Eléctrica Según Luminaria, Parque de las Aguas.

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (W.h)			
				Noche 12 h	Semanal 84 h	Mensual 360 h	Anual 4380 h
1	Luminaria Fluorescente	54.00	80 W	55878 W.h	1676350 W.h	6705400 W.h	80464804 W.h
2	Vapor de Sodio	0	0	0	0	0	0
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL		54.00	-	55878 W.h	1676350 W.h	6705400 W.h	80464804 W.h

Elaboración Propia

A continuación, para efectos de análisis de datos y estado situacional del parque se procede considerar un análisis de únicamente de las luminarias operativas, los cuales según el conteo realizado en situ, es la cantidad de 24 lámparas que se encuentran operativas a esta fecha.

Tabla 19: Consumo de energía actual, Parque de las Aguas

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (W.h)			
				Noche 12 h	Semanal 84 h	Mensual 360 h	Anual 4380 h
1	Luminaria Fluorescente	24	80	23,040.00 W.h	691,200.00 W.h	2,764,800.00 W.h	33,177,600.00 W.h
2	Vapor de Sodio	0	0	0	0	0	0
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL		54.00	24	23,040.00 W.h	691,200.00 W.h	2,764,800.00 W.h	33,177,600.00 W.h

Elaboración Propia

Del cuadro, se tiene el consumo de energía total, será calculado mediante la sumatoria de los totales de energía consumida en del parque es:

Tabla 20: Consumo de energía (Diario, Semanal, Mensual, Anual)

	Energía Consumida (kW.h) – Incluye todas las luminarias	Energía Consumida (kW.h) – Solo con luminarias operativas
Noche	55.88	23.04
Semanal	1,676.35	691.20
Mensual	6,705.40	2,764.80
Anual	80,464.80	33,177.60

Elaboración Propia

4.1.4.3. Consumo de energía Parque Santa Rosa

Tabla 21: Consumo de energía, Parque Santa Rosa.

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (W.h)			
				Noche 12 h	Semanal 84 h	Mensual 360 h	Anual 4380 h
1	Luminaria Fluorescente	0	0	0	0	0	0
2	Vapor de Sodio	13	120	18,720.0	131,040.00	561,600.00	6,832'800.00
3	Lámparas de piso	0	0	0	0	0	0
4	Halógenas	0	0	0	0	0	0
5	LED	0	0	0	0	0	0
TOTAL		13	120	18,720.0	131,040.00	561,600.00	6,832'800.00

Elaboración Propia

Tabla 22: Resumen de energía consumida, Parque Santa Rosa

	Energía Consumida (kW.h)
Noche	18.72
Semanal	131.04
Mensual	561.60
Anual	6,832.80

Elaboración Propia

4.1.5. Punto de alimentación de energía eléctrica

4.1.5.1. Alimentación eléctrica Parque Pino

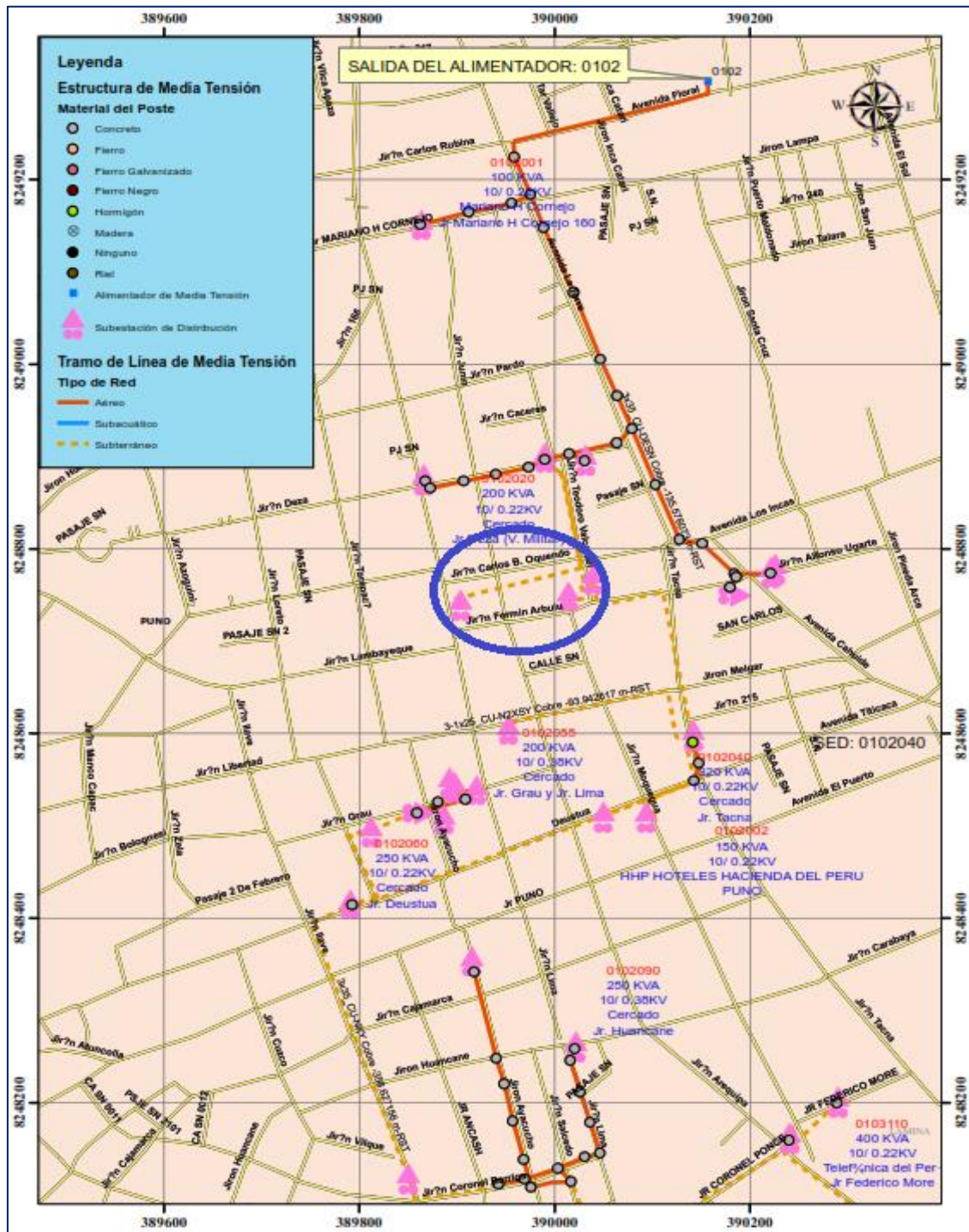


Figura 60: Ubicación del alimentador de energía hacia el parque Pino

Elaboración Propia

4.1.5.2. Alimentación Parque de las Aguas

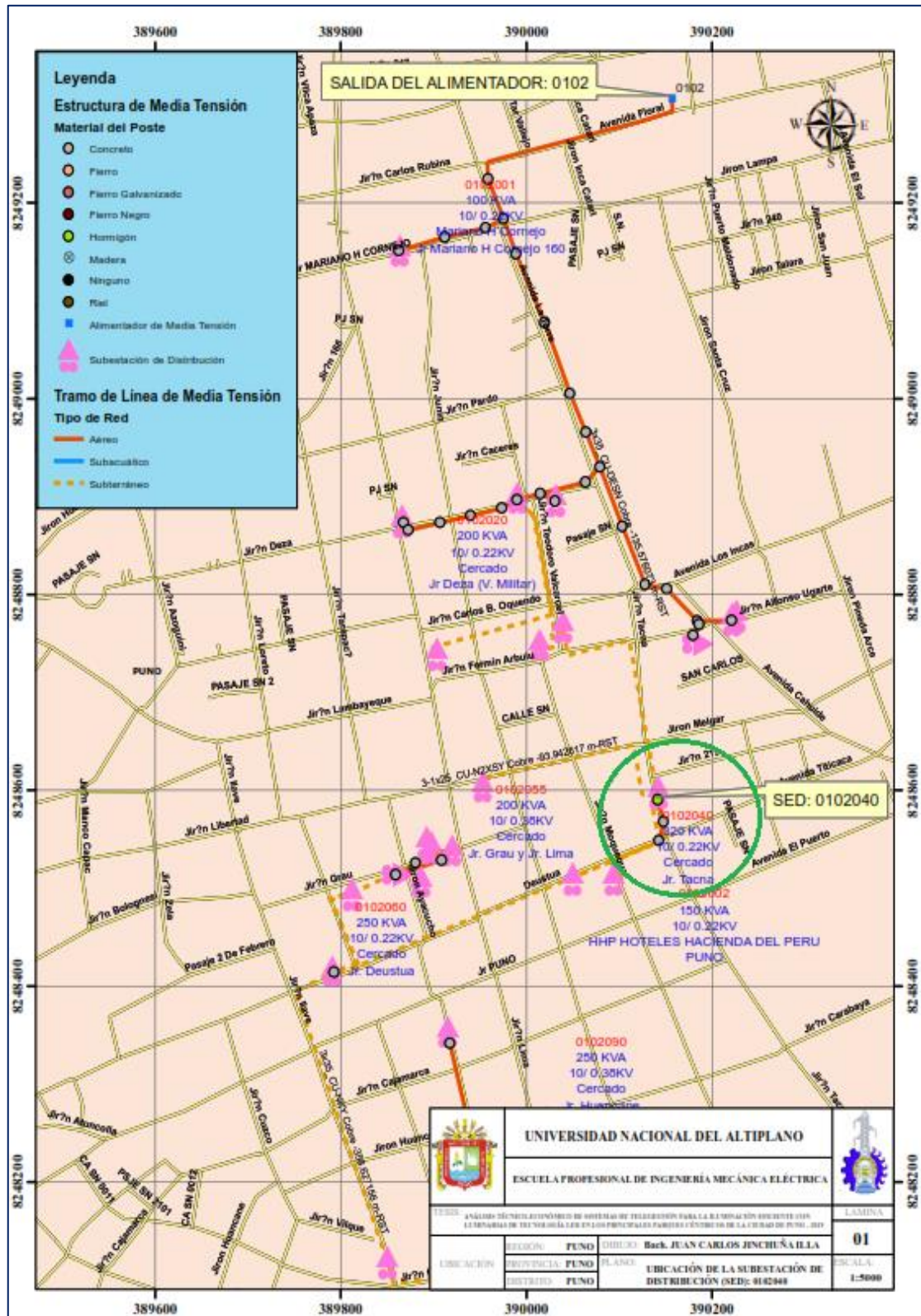


Figura 61: Ubicación del alimentador de energía hasta el parque de las Aguas

Elaboración Propia

4.1.5.3. Alimentación eléctrica Parque Santa Rosa

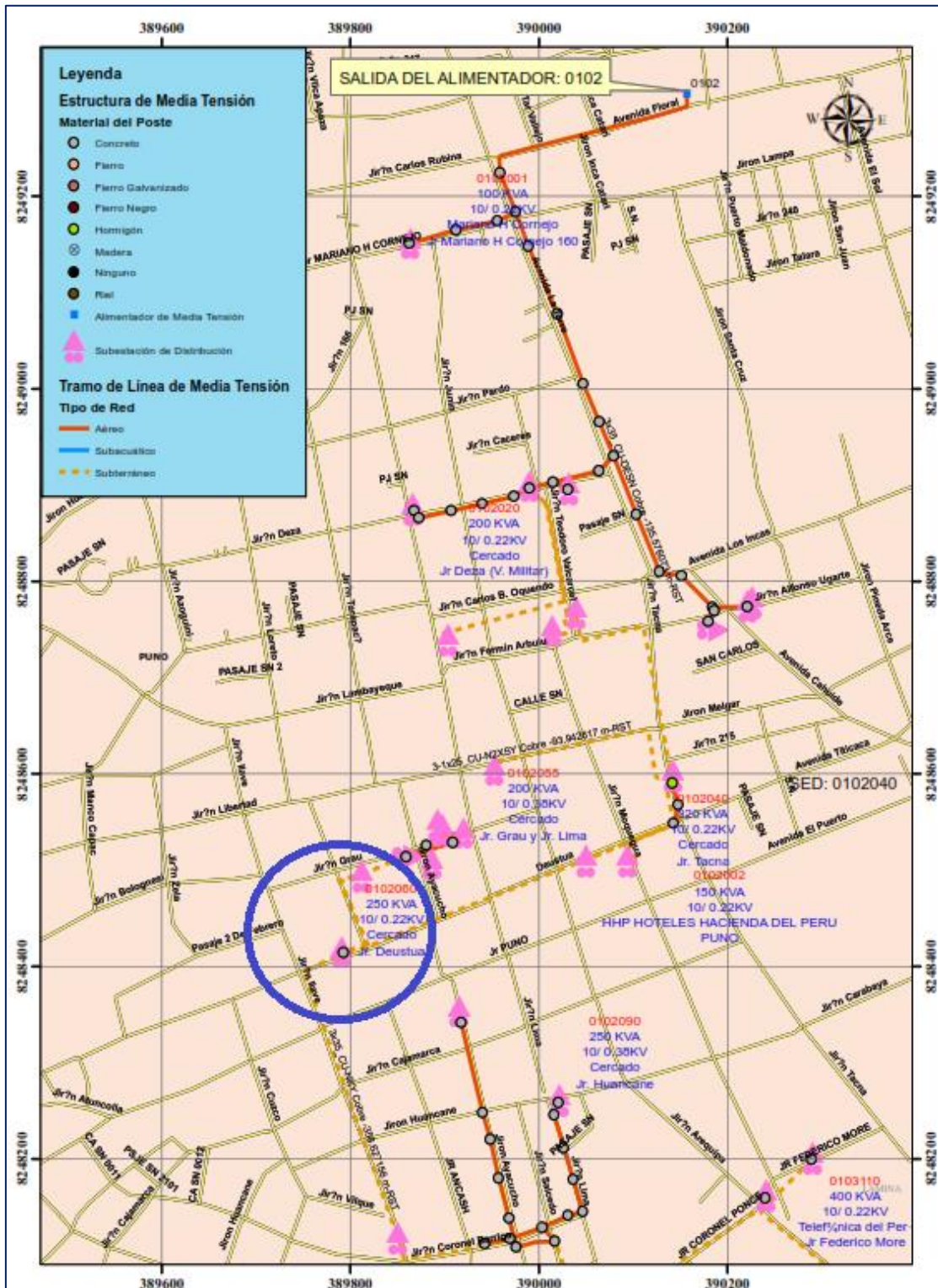


Figura 62: Alimentador de energía hacia el parque Santa Rosa.

Elaboración Propia



4.1.6. Funcionalidades que se desea lograr con el sistema de telegestión.

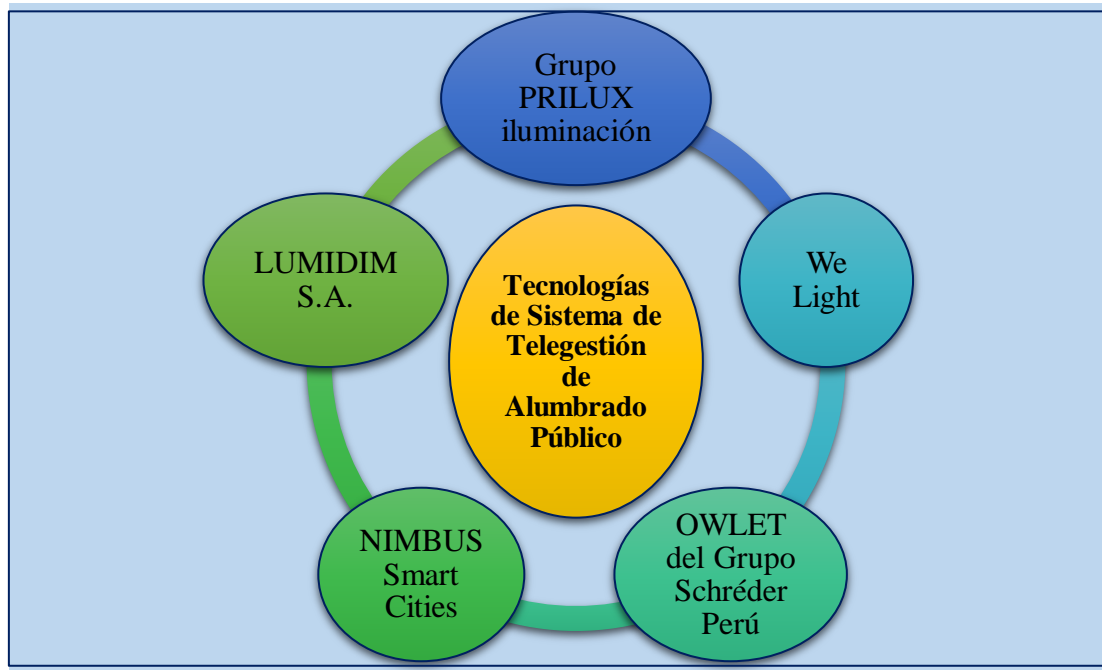
- Inventario de equipamiento (Luminarias).
- Monitoreo de Red de Alumbrado Público: Apagado, encendido y regulación.
- Configuración de grupos y luminarias individuales.
- Adaptación a las condiciones de tráfico de personas y vehículos.
- Análisis de consumos.
- Gestión de alarmas.
- Información y control en tiempo real:
 - Nivel de regulación (%)
 - Consumo de energía por luminaria, centro de carga (Wh)
 - Consumo de potencia (W)
- Encendido y apagado de los circuitos de baja tensión.
- Ahorros en Mantenimiento de la Red de Alumbrado Público:
 - Uso Eficiente de Mano de Obra: Salarios, Gasolina e
 - Indirectos, eliminación de pago de horas extras
 - Detectar Oportunamente Robo de Cable.

4.1.7. Análisis y selección de sistemas de telegestión de alumbrado público para parques.

4.1.7.1. Tecnologías de telegestión de acuerdo a los proveedores

En el presente trabajo se realizó una evaluación de las funciones y las arquitecturas de las actuales tecnologías disponibles 2019-2020 en telegestión de iluminación pública aplicables a parques, para lo cual se hizo la recolección de información de los posibles proveedores de sistemas de telegestión con fines de efectuar el análisis técnico y

económico sobre tecnologías de sistema de telegestión de alumbrado público. Se tiene los siguientes:



Elaboración Propia

A. SISTEMA DE TELEGESTIÓN DEL GRUPO PRILUX ILUMINACIÓN

Tabla 23: Ventajas del sistema de telegestión del Grupo PRILUX Iluminación.

Grupo PRILUX Iluminación	
Ventajas	Descripción
Gestión Remota	<p>Gestión desde cualquier punto:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Encendido/Apagado manual o automático. – Ajuste de la intensidad luminosa. – Calendarios para encendidos apagados, ajuste de intensidad según horario, etc. – Representación de aparatos y dispositivos mediante iconos en mapas. – Realización de acciones sobre la instalación mediante interacción con los iconos en los mapas.

“...Continuación”

Telemantenimiento	<p>Envío de las incidencias, en tiempo real, a un centro de control y a los dispositivos móviles de los responsables del servicio de mantenimiento, con identificación y localización geográfica del dispositivo donde se han producido.</p> <ul style="list-style-type: none">– Sobre temperatura, Inclinación de la luminaria, Apertura de la luminaria o báculo.– Tensión de alimentación alta y Tensión de alimentación baja.– Lámpara no enciende o cortocircuito en lámpara.
Protección Del Cableado	<p>Aviso de corte o retirada de los conductores eléctricos de la instalación en el Centro de Control y en los dispositivos móviles programados.</p>

Fuente: (Prilux, 2019)

Tabla 24: Arquitectura de Telegestión – Grupo Prilux

Grupo PRILUX iluminación	
Controlador	<p>Cada luminaria telegestionada que compone el circuito de alumbrado está debidamente identificada y puede ser controlada individualmente y colectivamente mediante el controlador PC4020.</p>
Nodo Base	<p>Situado en el punto de mando donde se puede configurar señales como analizadores de red externos, señales de sensores, etc.</p>

“...continuación”



Sensores de Presencia	De	Detectan movimientos de personas para zonas de menos circulación pudiendo disponer de un apagado total (o muy reducido 10-20%) y activar el 100% en caso de detección de presencia de peatones o tráfico.
Analizador de redes	de	Se pueden registrar y almacenar los consumos del cuadro de mando
Trasmisor		Cumple la función de transmitir señal desde el punto de gestión hasta el punto de luminaria.
PLC Interface		Método de modulación, detección y corrección de errores.

Fuente: (Prilux, 2019)

B. SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE LUMIDIM S.A.

Tabla 25: Ventajas del sistema de telegestión de LUMIDIM S.A.

LUMIDIM S.A.	
Ventajas	Descripción
Optimización de operación	<ul style="list-style-type: none"> – Evitar Fallas en Fococeldas (encendido de día) – Detectar y Corregir Fallas Eléctricas – Detectar Robo de Energía Eléctrica

“...continuación”

Monitoreo	<p>Con este sistema de telegestión se hace un seguimiento continuo del estado del circuito de iluminación, reportándose cualquier ocurrencia de cualquier tipo en la luminaria o circuito de alumbrado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lámparas Apagadas o Intermitentes - Calles o Circuitos Apagados - Fallas Eléctricas en Alumbrado - Robo de Energía Eléctrica o de Cable - Lámparas Encendidas de Día
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Uso Eficiente de Mano de Obra: Salarios, Gasolina e - Indirectos, eliminación de pago de horas extras - Refacciones - Detectar Oportunamente Robo de Cable

Fuente: (LUMIDIN, n.d.)

Tabla 26: Arquitectura de telegestión - LUMIDIM S.A.

LUMIDIM S.A.	
Controlador	Controla el encendido del circuito, mide corriente y voltaje y lo transmite a la oficina de alumbrado.
Unidad de Control UC-01	Lugar desde donde se tiene el control y/o monitoreo constante del estado situacional de las luminarias.
Contactador	Actúa según ordenes de la unidad de control
Trasformadores de corriente	Para medición de la corriente del circuito de alumbrado.
Analizador de red	Almacenamiento de historial de datos técnicos del circuito de alumbrado

Fuente: (LUMIDIN, n.d.)

C. SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE NIMBUS SMART CITIES

Tabla 27: Ventajas del sistema de telegestión NINBUS Smart Cities.

NINBUS Smart Cities	
Ventajas	Descripción
Gestión, control y optimización	Administración y configuración de todas las luminarias de su instalación, además le muestra los valores actuales e históricos más relevantes tanto de los controladores como de sus sensores.
Ahorro energético y gestión eficiente de la energía	El consumo de energía eléctrica se reduce considerablemente.
Monitoreo constante	Control remoto ON/OFF con programación horaria a medida en función de la zona y sus necesidades de iluminación.

Fuente: (Luxiot.eu, 2016)

Tabla 28: Arquitectura de telegestión - NINBUS Smart Cities

NINBUS Smart Cities	
Controlador	Cada una de las luminarias a usarse con este sistema de telegestión tiene entre sus componentes principales el controlador de telegestión individual y colectivamente.
Centro de mando	Un centro de control de todo circuito de iluminación telegestionando.
Reloj astronómico	Para el funcionamiento de las luminarias según la salida y puesta del sol.
Sensor ambiental y CO2/CO	Cumple la función de sensado de las condiciones ambientales de temperatura, humedad y presión atmosférica.
Sensores especiales	De detección de movimiento, contaminación acústica, de auxilio.

“...continuación”

Gestión de datos	Todos los datos de voltaje, tensión, movimientos y similares son registrados y gestionados según orden cronológico y relevancia y posteriormente informadas al punto de control.
------------------	--

Fuente: (Luxiot.eu, 2016)

D. SISTEMA DE TELEGESTIÓN OWLET DEL GRUPO SCHRÉDER

Tabla 29: Ventajas del sistema de telegestión Owlet Grupo Schröder

OWLET del Grupo Schröder	
Ventajas	Descripción
Eficacia	La red de telegestión tiene una rapidez de comunicación de 50 veces más rápido que una red eléctrica convencional.
Fiabilidad	El sistema de telegestión posee funciones de autor regeneración y normalización, donde el índice de transmisión de datos es 10 veces superior en comparación con una comunicación eléctrica sin interferencias.
Libertad	La red permite la libertad de incorporar sensores y luminarias., proporcionando una óptima instalación.
Actualización	La red se actualiza en cualquier escenario que se suscite, como al añadir nuevas funciones, nuevos puntos de iluminación.
Accesibilidad	Cualquier configuración realizada en la red será extendida su aplicación para todas las luminarias LED.

Fuente: (Schröder, 2020)

Tabla 30: Arquitectura del sistema de telegestión OWLET Grupo Schröder

OWLET del Grupo Schröder	
Centro de administración	Es el lugar desde donde se monitorea y administra todo el sistema de alumbrado público.
Sensores de movimiento	De movimiento, de luz, de velocidad y dirección, sensor de regulación dinámica.
Gestión de datos	Los datos de voltaje, tensión, movimientos y similares son registrados según orden cronológico y relevancia.
Controlador	Cada luminaria que esté en la red, tiene un controlador único para ser telegestionado desde un centro de control
Driver intelligent con Constant Light Output (CLO)	Constant Light Output (CLO) cumple la función de eliminar el exceso de luz y efectúa la compensación de forma autónoma la depreciación.

Fuente: (Schröder, 2020)

SISTEMA DE TELEGESTIÓN WELIGHT

Tabla 31: Ventajas del sistema de telegestión WeLight

WeLight	
Ventajas	Descripción
Gestión integrada	De todos los servicios relacionados con el alumbrado solicitados por el Cliente

“...continuación”

Gestión energética	Seguimiento de los consumos en tiempo real y programación del funcionamiento del alumbrado público
Gestión de inventario	Gestión de activos con posicionamiento geográfico y parámetros clave
Compatibilidad	Compatible con múltiples tecnologías y fabricantes, como LEDs o lámparas convencionales.

Fuente: (Wellness Smart Cities S.L., 2017)

Tabla 32: Arquitectura de telegestión WeLight

WeLight	
Panel de control	Se realiza el control de tensión, corriente, intensidad de iluminación.
Gestión de datos	Se almacena todos los datos de la red y LEDs.
Alarmas	Contiene un sistema de alarmas que comunican al centro de control sobre cualquier eventualidad que pudiese ocurrir en la red de telegestión o en las luminarias.
Mantenimiento correctivo/preventivo	Se verifica el estado de las luminarias LED, para luego proceder con su tele mantenimiento y su programación de mantenimiento preventivo antecediendo una falla.
Controlador	Todas las luminarias LED comprendidas en la red y el sistema de alumbrado público telegestionado posee un controlador adaptado para controlarse desde software.

Fuente: (Wellness Smart Cities S.L., 2017)

4.1.8. Propuesta de sistema de telegestión

La propuesta se realiza una vez hecha el análisis de sistemas de telegestión existentes actualmente en el mercado. La presente propuesta recopila y todo el análisis hecho y se propone un sistema de telegestión que se adecue a las condiciones ambientales de todo el año en la ciudad de Puno. Este sistema será eficiente debido a que tendrá un centro de control, mediante la cual se logrará supervisar, controlar, medir y gestionar toda la red de alumbrado, logrando de esta manera una iluminación eficiente del parque.

- **Ubicación del Centro de control:** En la Municipalidad Provincial de Puno, ubicada en el Jr. Deustua con la plaza de Armas Puno.

Ya que la administración de la infraestructura de alumbrado público de parques es competencia de la municipalidad, siendo la municipalidad responsable de pagar el consumo de energía eléctrica, dar mantenimiento a las redes, remodelación, y similares.

- **Tipo de conexión desde el centro control hasta el punto de iluminación:** Red Inalámbrica.
- **Tipo de Sistema de telegestión:** Red Intergestionable
- **Software:** Owlet en la Nube – Web
- **Controlador de Luminaria:** LUCO P7 CM

Tabla 33: Características del Controlador de Luminaria LUCO P7 CM

	CONTROLADOR DE LUMINARIA LUCO P7 CM
INTEGRACIÓN	Conectado en el casquillo NEMA de 7 pines externo
SISTEMA DE CONTROL	Diseñado para el sistema de telegestión urbana Owlet IoT
DISEÑADO PARA	Red intergestionable
TAMAÑO DE LA RED	Ilimitado

“...continuación”

PUESTA EN MARCHA	Puesta en marcha completamente automática
FUNCIONALIDADES	<ul style="list-style-type: none">• Emisión de flujo luminoso constante (CLO)• Potencia virtual (VPO), para evitar el exceso de iluminación• Regulación programada• Luz bajo demanda con sensores• Creación de informes y adaptación remota de escenarios de iluminación• Célula fotoeléctrica integrada• Reloj astronómico• Detección de robo de cables• Gestión de recursos completa (se capturan todos los datos de la luminaria)• Posibilidad de integración con otros fabricantes (retorno para aplicaciones IoT)

Elaboración propia

A partir de información web (Schröder, 2020)

4.1.8.1. Elección de Sistema de Telegestión

Los diferentes sistemas de telegestión de luminarias LED en la iluminación de parques, anteriormente analizados, tienen equipamientos y estructura funcional capaces de reportar los parámetros eléctrico de los puntos de iluminación con luminarias LED, efectuar controles en los puntos luminosos, reportar alguna avería posible existente en la red de iluminación. Del mismo modo, los sistemas de telegestión analizados cuentan con equipos y software capaces de registrar todos los eventos que ocurran en las luminarias LED y capaces de crear alertas y reportes hacia el centro de control, que es el lugar donde se gestiona la operación de los componentes del sistema de alumbrado público, en este caso estará a cargo de la municipalidad de Puno.

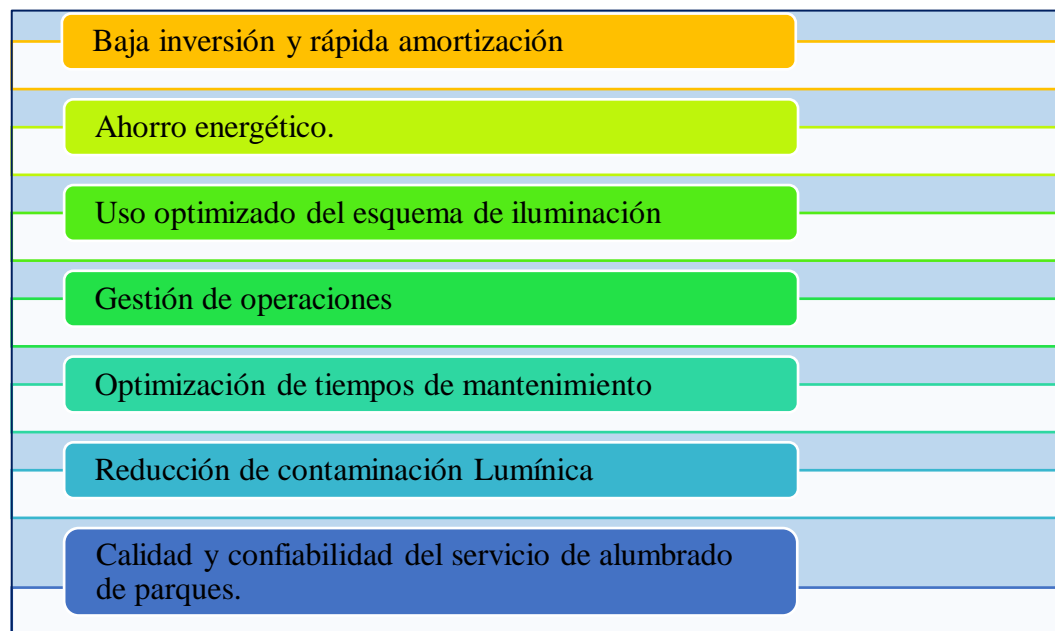
De acuerdo al análisis realizado de los diferentes sistemas de telegestión de luminarias LED que en la actualidad se oferta en el mercado, habiendo verificado las prestaciones técnicas beneficiosas que ofrece cada sistema, para su operación en las condiciones medioambientales de la ciudad de Puno, se logra destacar el sistema de telegestión del Owlet del Grupo Schröder, según las ventajas que ofrece Tabla 29 y Tabla 30.

4.1.8.2. Análisis Técnico

Se debe de tener en cuenta que cuando los espacios públicos no son frecuentados constantemente por personas, la iluminación a plena potencia es un desperdicio de energía eléctrica, por lo tanto, un gasto no necesario por el consumo de energía.

Los escenarios de regulación y las prestaciones de alumbrado acorde a la demanda pueden adaptar la iluminación pública a las necesidades reales del lugar y la hora.

- **Soluciones Técnicas**



Elaboración Propia.

Los controles de cada punto de iluminación previenen las averías detectando problemas operativos (luminarias rotas, temperatura del dispositivo, sobretensiones, etc.)

Tabla 34: Propuesta Técnica de Prestaciones de Sistema de Telegestión

	Propuesta Técnica	Prestaciones
RED	Capacidad de la instalación	de 1 a 100000 Luminarias
	Comunicación entre artefactos	Inalámbrico
	Adhesión de mas dispositivos	Si
	Conexión a Interfaces	Si
OPERACIÓN INTERACTIVA	Sensor de movimiento	Si
	Sensor de luz del día	Si
REGULACIÓN	Regulación fija	Si
	Regulación dinámica	Si
	Adaptación de perfil de atenuación	Remoto
CONTROL	Gestión de dispositivos en vivo	Si
	Medida de consumo de energía	Si
	Geolocalización de dispositivos	Si
	Gestión de alarmas	Si
DATOS	Gestión de datos	Si
	Informe de actividades/ocurrencias	Si
	Protección contra descargas atmosféricas	Si
PROTECCIÓN	Operación en clima frio, lluvioso y ventoso	Si
	Puesta a tierra	Si

Fuente: (Schröder, 2020)

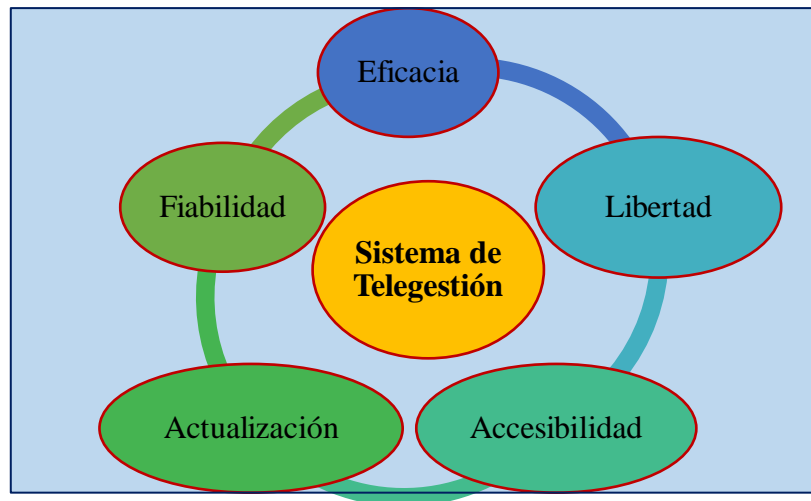


Figura 63: Beneficios de Propuesta, según sistema de telegestión elegida.
Elaboración Propia

- **Mantenimiento Preventivo**

Actualmente, la municipalidad provincial de Puno, encargada de la administración del alumbrado de parques, no tiene un cronograma de trabajos de mantenimiento preventivo ni tiene un plan de sustitución de luminarias que cumplieron su vida útil y las que presentan fallas.

Únicamente, los trabajos de mantenimiento se efectúan a partir de reportes y reclamos de averías por parte de los usuarios o cuando, casualmente, se encuentra fallas durante las inspecciones anuales del personal encargado.

El sistema de telegestión de alumbrado público ofrece un ahorro económico significativo frente al sistema convencional actual, ya que mantiene un registro en tiempo real de uso y parámetros de operatividad normal de luminarias instaladas, de esta manera es posible efectuar un mantenimiento únicamente de los puntos de iluminación que lo requieran, o un plan de sustitución de aquellas que hayan cumplido su vida útil, planificando y disminuyendo el número de intervenciones por mantenimiento a la red de iluminación.

Tabla 35: Actividades de Mantenimiento Preventivo.

Ítem	Actividad	Programación
01	Inspección de luminarias LED (Limpieza, conexión, otros)	El mantenimiento preventivo se realiza a partir del programa de mantenimiento preventivo telegestionado (Reportes, alarmas, según tiempo de uso)
02	Inspección del estado de los soportes de la luminaria	
03	Verificación de drivers de Telegestión	
04	Comprobación de la iluminación ofrecida y su intensidad (Medición)	

Elaboración propia

El sistema de telegestión crea alarmas periódicas en base a las características de las luminarias LED instaladas, última fecha de inspección o sustitución y periodos según épocas del año. Las alarmas resaltan para efectuar acción de reposición de luminarias por cumplimiento de su vida útil, como inspección del de la red de alumbrado: mantenimiento correctivo de luminarias, balastos, limpieza de luminarias, revisión de los cuadros de mando y los parámetros eléctricos de funcionamiento.

- **Mantenimiento Correctivo**

Los inconvenientes que ocasiona tener un punto de iluminación en un parque puede ser evitado a través de la implementación del sistema de telegestión, logrando una disminución de gastos económicos y logrando la eficiencia energética en el alumbrado.

La municipalidad puede lograr disminuir significativamente los gastos de mantenimiento de alumbrado de parques de la ciudad, con el sistema de telegestión registrando todos los parámetros eléctricos de la red de iluminación en tiempo real es posible lograr un ahorro de entre 20 a 35%.

Tabla 36: Actividades de mantenimiento Correctivo

Ítem	Actividad	Programación
01	Sustitución de luminarias LED.	A partir de reporte del sistema de telegestión: Telealarma, reporte.
02	Renovación de luminaria (Fin de vida útil)	
03	Sustitución y/o ajuste del Sistema de programación o gestión de alumbrado.	

Elaboración propia

- **Selección de la luminaria LED**

Para la selección de la luminaria LED a usarse con el Sistema de Telegestión se efectuará un análisis general de la disponibilidad de luminarias LED en el mercado actual Nacional, comparando sus características técnicas y/o parámetros eléctricos, considerándose las necesidades, condiciones de operación para Puno.

De acuerdo a las necesidades y características del sistema actual de iluminación pública de los principales parques de la ciudad de Puno; y realizando una comparación de luminarias LED existentes en el mercado, se elegirá una luminaria adecuada para realizar el cambio de lámparas existentes en los principales parques de la ciudad de Puno, teniendo en cuenta que la luminaria seleccionada deberá tener las características y requerimientos mínimos para la implementación del sistema de telegestión.

Tabla 37: Selección de luminaria LED para telegestión

Ítem	Modelo LED	Altura de instalación	Flujo Nominal (lm)	Temperatura de Color (°K)	Vida útil promedio (hs)	Protección IP	Tensión Nominal	Frecuencia	Tipo
01	OYO	4 a 8 m	1.400 a 8.400 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Decorativo
02	ALURA LED	3,5 a 5 m	1.200 a 5.300 lm	Blanco cálido, neutro o frío	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Decorativo

“...continuación”									
03	STYLAGE	3,5 a 5 m	1.000 a 8.300 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240 V 120-277 V	50-60 Hz	Decorativo
04	VALENTINO LED	3,5 a 5 m	1.300 a 8.300 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240 V 120-277 V	50-60 Hz	Decorativo
05	AVENTO	4 a 12 m	2.300 a 32.000 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Normal
06	ISLA LED	3,5 a 6 m	1.400 a 4.900 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Decorativo
07	KIO LED	3,5 a 5 m	700 a 7.800 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Decorativo
08	TECEO	4 a 12 m	800 a 33.800 lm	Blanco cálido o neutro	Según requerimiento	66	220-240V	50-60 Hz	Normal

Fuente: (Schröder, 2020)

- Vida útil de luminarias LED con y sin sistema de telegestión**

El alumbrado con luminarias LED sin sistema de telegestión, se estima que tiene una vida útil (vida media de aproximadamente de 50.000 horas), sensiblemente superior a la que poseen otras luminarias convencionales como las lámparas halógenas, de vapor de sodio o fluorescentes y otros. Teóricamente la vida útil de una lámpara LED está entre las 30.000 y las 100.000 horas, en función de la tecnología empleada.

Tabla 38: Vida útil de luminarias LED con y sin sistema de telegestión

Vida Útil (h)	Sin sistema de telegestión	Con Sistema de telegestión	Tiempo encendido de
LED (Light Emitting Diode)	> 50,000 horas	≅ 100,000 horas	0

Elaboración propia

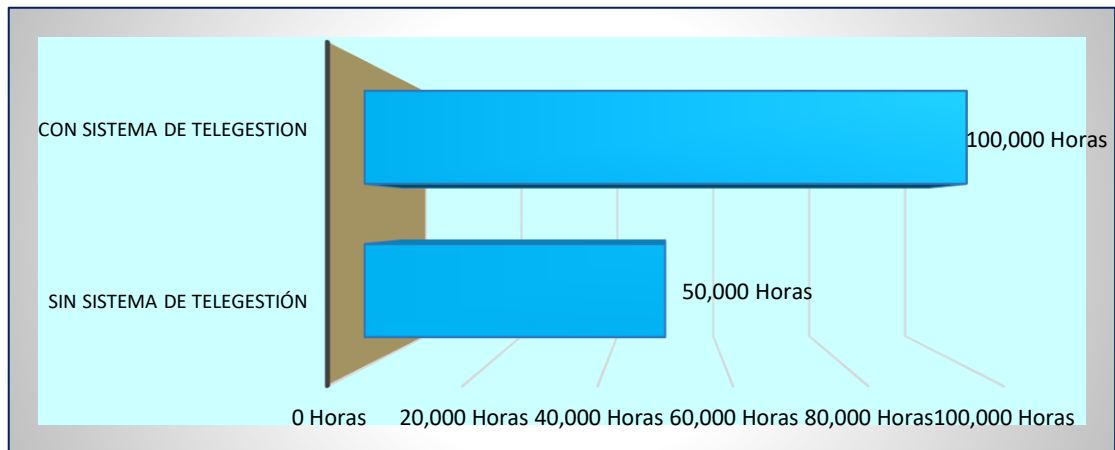


Figura 64: Vida útil de luminarias LED con y sin sistema de telegestión
Elaboración Propia



Figura 65: Luminaria VALENTINO LED
Fuente: (Schröder, 2020)

Tabla 39: Características de la luminaria VALENTINO LED - Schröder

Potencia (W)	N° de LEDs	Altura de instalación	Flujo Nominal (lm)	Temperatura de Color (°K)	Vida útil promedio (hs)	Protección IP
51	32	3,5 a 5 m	1.300 8.300 lm	2700K (Blanco cálido 727)	100,000	66
Tensión Nominal		Rango de temperatura de funcionamiento (Ta)		Índice de reproducción cromática (CRI)		
120-277 V		(-30 °C a +50 °C)		>70 (Blanco neutro 740)		

Elaboración Propia

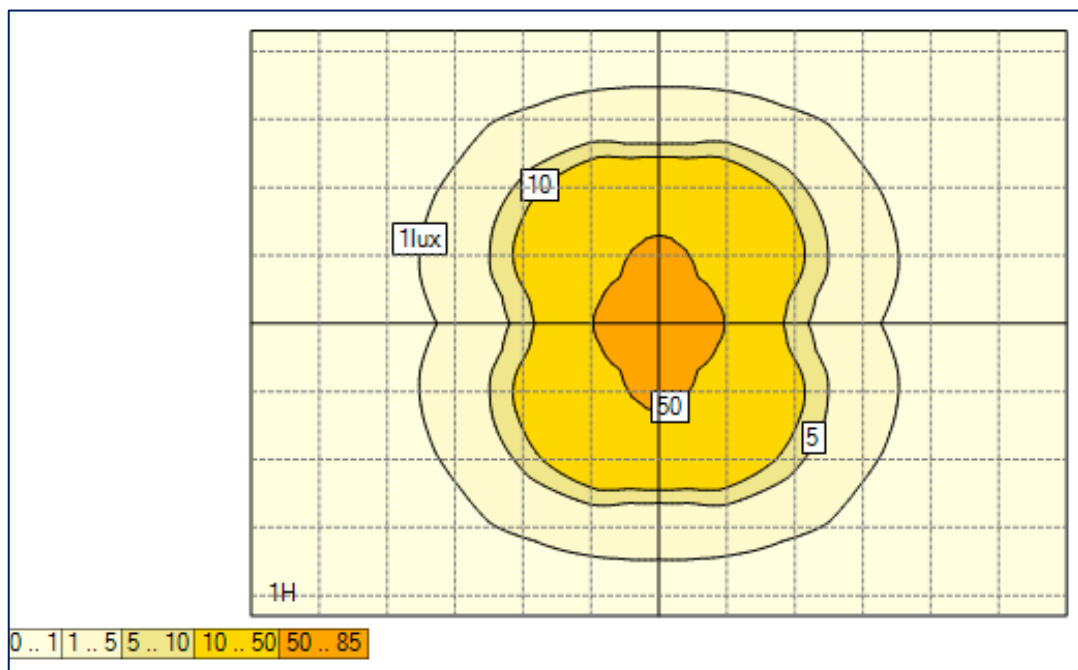


Figura 66: Curva Isolux de la luminaria seleccionada

Elaboración Propia

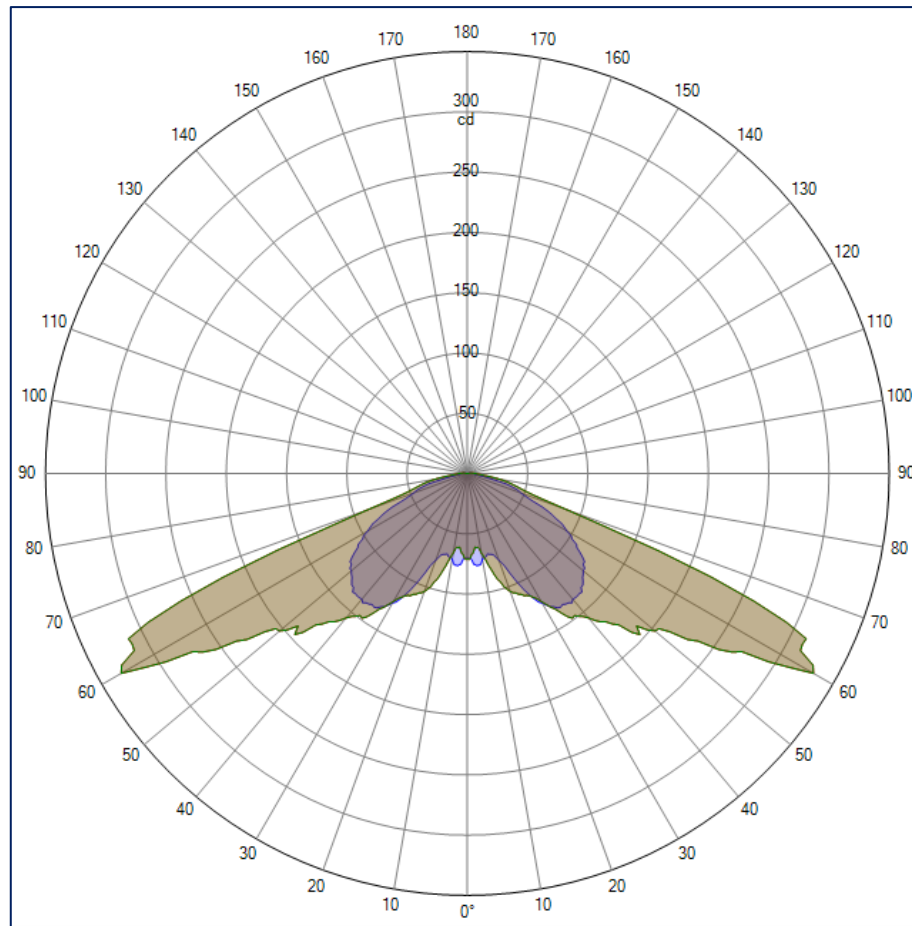


Figura 67: Diagrama polar de la luminaria LED seleccionada
Elaboración Propia

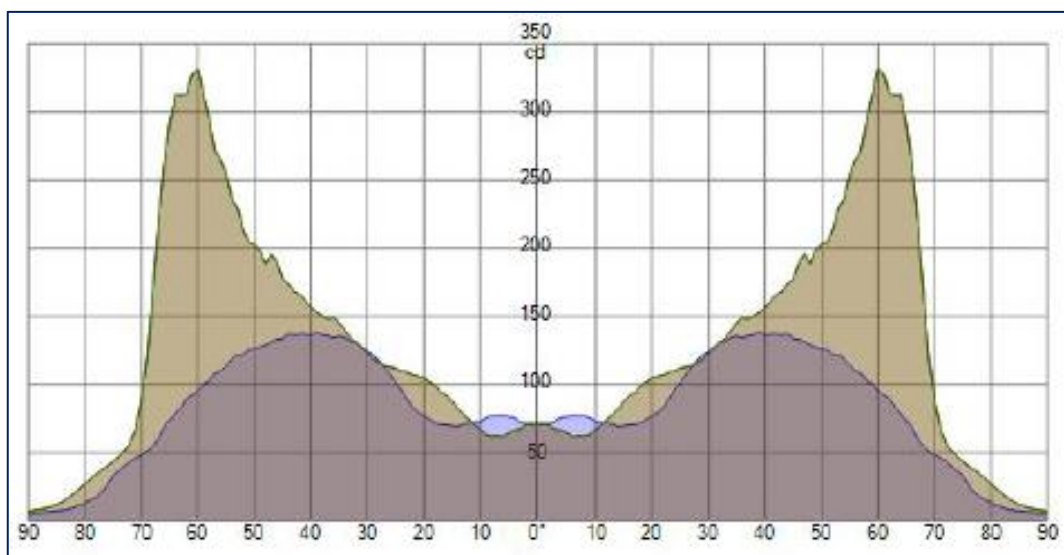


Figura 68: Diagrama cartesiano de la luminaria LED seleccionada.
Elaboración Propia

- **Método de control propuesto para el sistema de telegestión**

Habiendo ya realizado la selección de la luminaria y sistema de telegestión para la iluminación de parques, se realiza la propuesta de operatividad de iluminación, considerando el flujo de personas por horarios.

De modo que, la rentabilidad del sistema de telegestión propuesta depende de la variación del nivel de iluminación por horarios durante toda la noche.

La variación de nivel de iluminación que definido de la siguiente manera:

- **Parque Pino**

Tabla 40: Propuesta de Variación de intensidad luminosa por horarios Parque Pino

Ítem	Horario	Intensidad luminosa del parque (%)	Ahorro Energético (%)
01	18:00h - 22:00h	100%	0%
02	22:00h - 00:00h	90%	10%
03	00:00h - 05:00h	70%	30%
04	05:00h - 06:00h	90%	10%

Elaboración propia

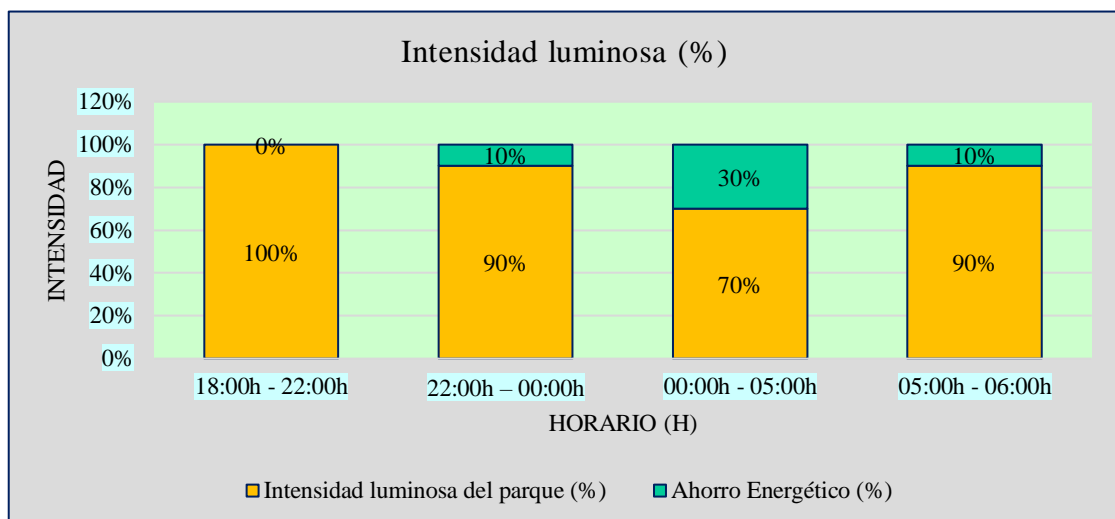


Figura 69: Variación de intensidad luminosa por horarios Parque Pino.

Elaboración propia

- **Parque de las Aguas**

Tabla 41: Propuesta de variación de intensidad de iluminación para el sistema de telegestión, Parque de las Aguas

Ítem	Horario	Intensidad luminosa del parque (%)	Ahorro Energético (%)
01	18:00h - 22:00h	100%	0%
02	22:00h - 05:00h	60%	40%
03	05:00h - 06:00h	90%	10%

Elaboración propia

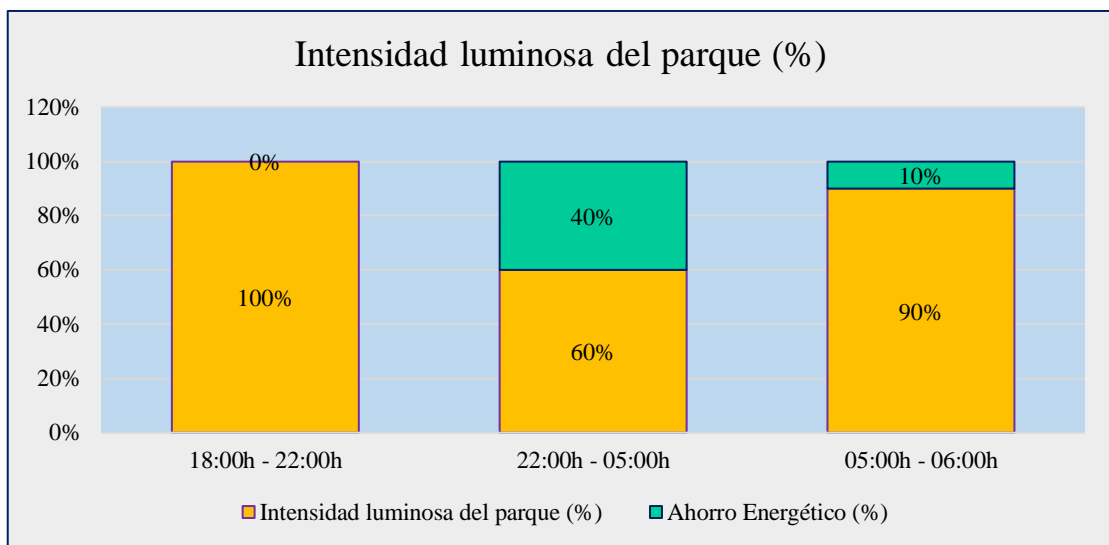


Figura 70: Variación de intensidad luminosa, parque de Las Aguas

Elaboración propia

- **Parque Santa Rosa**

Tabla 42: Propuesta de variación de intensidad de iluminación para el sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.

Ítem	Horario	Intensidad luminosa del parque (%)	Ahorro Energético (%)
01	18:00h - 22:00h	100%	0%
02	22:00h - 05:00h	60%	40%
03	05:00h - 06:00h	90%	10%

Elaboración propia

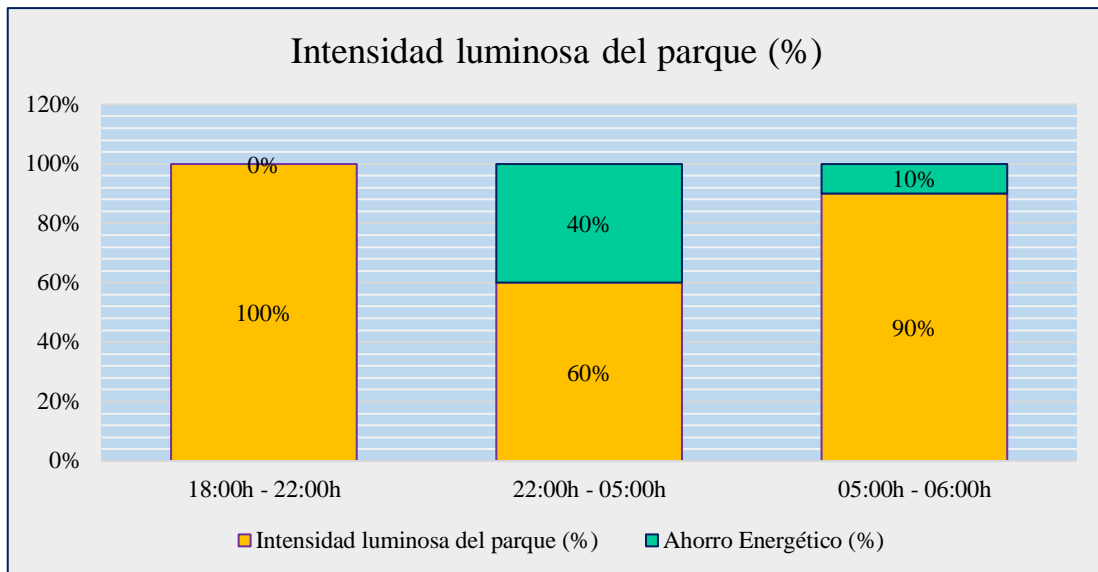


Figura 71: Variación de intensidad de iluminación con el sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.

Elaboración propia

Los horarios son propuestos de acuerdo a la ubicación y concurrencia peatonal según horarios.

La disposición de iluminación propuesta puede variar conforme al reporte del sensor astronómico según las etapas del año en que el amanecer y anochecer se adelantan o retrasan, variando de esta manera el horario de encendido y apagado de las luminarias.

No obstante, sin importar la etapa del año, el tiempo de operatividad de una luminaria en una noche es un promedio de 12 horas.

- Consumo de energía del parque con sistema de telegestión

- Parque Pino

Tabla 43: Consumo de energía en Parque Pino con Sistema de Telegestión.

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (Kw.H)								
				Noche	12 h	Semanal	84 h	Mensual	360 h	Anual	4380 h	
01	Valentino LED de 45W	32.00	51.00	10.93 kW.h		76.54 kW.h			328.03 kW.h			3,991.06 kW.h
TOTAL		32.00	51.00	10.93 kW.h		76.54 kW.h			328.03 kW.h			3,991.06 kW.h

Elaboración propia

A continuación, se realiza una comparación de consumo de energía del sistema de iluminación actual del Parque Pino con lámparas convencionales y el nuevo sistema de iluminación propuesto con luminarias LED y sistema de telegestión.

Tabla 44: Comparación de consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque Pino.

	Energía Consumida (kW.h) con luminarias convencionales y Sin telegestión	Energía Consumida (kW.h) con luminarias LED y de telegestión	Ahorro energético (kW.h)	Ahorro energético (%)
Noche	96.00	10.93	85.07	79.56%
Semanal	672.00	76.54	595.46	79.55%
Mensual	2,880.00	328.03	2,551.97	79.55%
Anual	35,040.00	3,991.06	31,048.94	79.55%

Elaboración propia

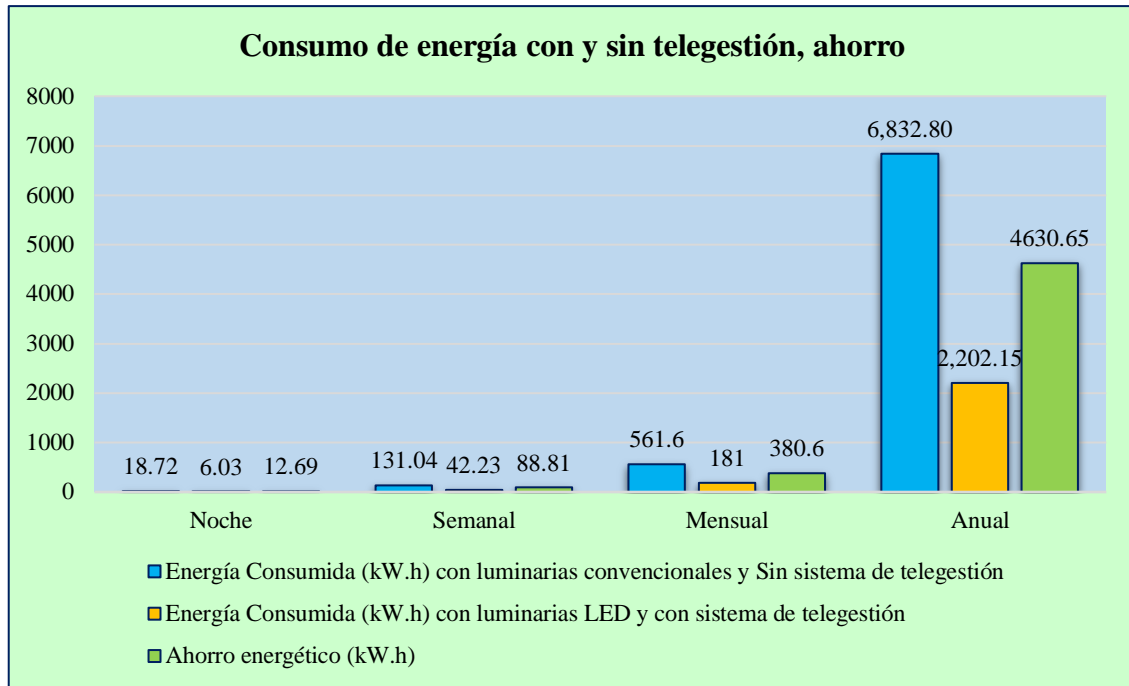


Figura 72: Consumo de energía con y sin telegestión, Parque Pino

Elaboración propia

- **Parque de las Aguas**

Ya considerándose el alumbrado del parque de las aguas con luminarias LED telegestionadas, las características técnicas de la luminaria propuesta y la variación de intensidad luminosa durante la noche, se tiene el siguiente análisis:

Tabla 45: Consumo de energía eléctrica del parque de las Aguas, con luminarias LED telegestionadas.

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (Kw.H)							
				Noche	12 h	Semanal	84 h	Mensual	360 h	Anual	4380 h
01	Valentino LED de 45W	54.00	51.00	25.06 kW.h		175.43 kW.h		751.84 kW.h		9,147.41 kW.h	
TOTAL		54.00	51.00	25.06 kW.h		175.43 kW.h		751.84 kW.h		9,147.41 kW.h	

Elaboración propia

A continuación, se realiza una comparación de consumo de energía del sistema de iluminación actual con lámparas convencionales y el nuevo sistema de iluminación propuesta con luminarias LED y sistema de telegestión.

Tabla 46: Comparación de consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque de Las Aguas

	Energía Consumida (kW.h) con luminarias convencionales y Sin sistema de telegestión	Energía Consumida (kW.h) con luminarias LED y con sistema de telegestión	Ahorro energético (kW.h)	Ahorro energético (%)
Noche	55.88	25.06	30.82	38.08%
Semanal	1,676.35	175.43	1,500.92	81.05%
Mensual	6,705.40	751.84	5,953.56	79.84%
Anual	80,464.80	9,147.41	71,317.39	79.58%

Elaboración propia

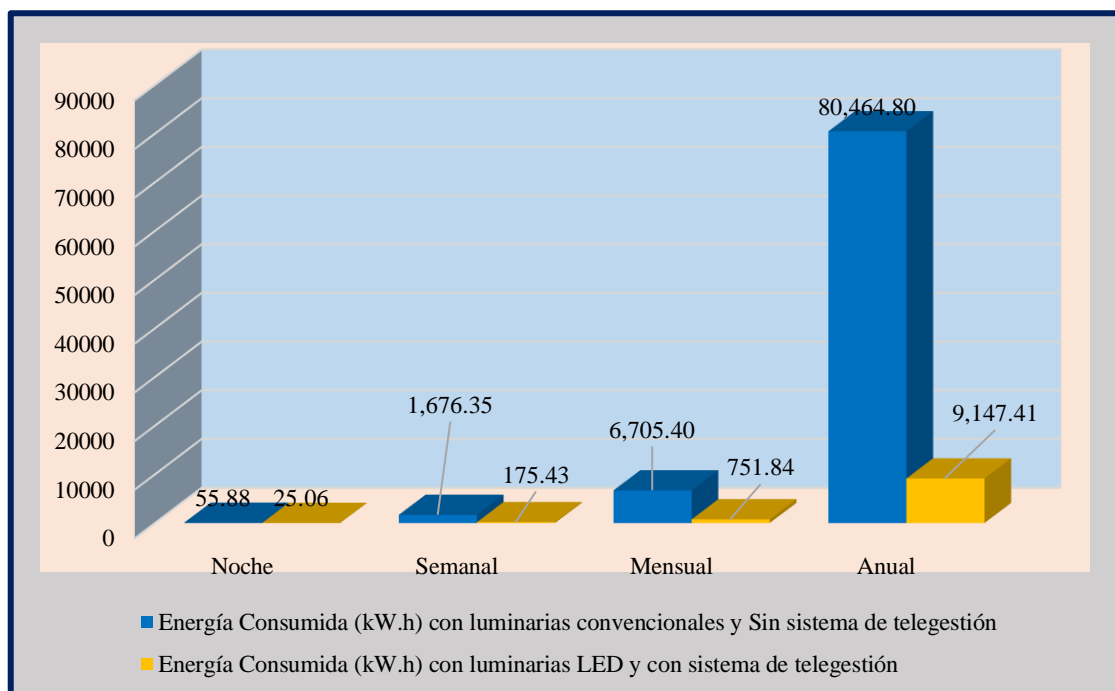


Figura 73: Comparación de energía consumida (Alumbrado actual convencional Vs. Alumbrado propuesto)

Elaboración propia

- **Parque Santa Rosa**

Ya considerándose el alumbrado del parque con luminarias LED telegestionadas, las características técnicas de la luminaria propuesta y la variación de intensidad luminosa durante la noche, se tiene el siguiente resultado:

Tabla 47: Consumo de energía con luminarias LED telegestionadas, Parque Santa Rosa

Ítem	Luminaria	Cantidad	Potencia (W)	Consumo De Energía (Kw.H)							
				Noche	12 h	Semanal	84 h	Mensual	360 h	Annual	4380 h
01	Valentino LED de 45W	13	51.00	6.03 kW.h		42.23 kW.h			181.00 kW.h		2,202.15 kW.h
TOTAL		13.00	51.00	6.03 kW.h		42.23 kW.h			181.00 kW.h		2,202.15 kW.h

Elaboración propia

A continuación, se realiza una comparación de consumo de energía del sistema de iluminación actual con lámparas convencionales y el nuevo sistema de iluminación propuesta con luminarias LED y sistema de telegestión.

Tabla 48: Comparación de consumo de energía con y sin telegestión, Parque Santa Rosa.

	Energía Consumida (kW.h) con luminarias convencionales y Sin sistema de telegestión	Energía Consumida (kW.h) con luminarias LED y con sistema de telegestión	Ahorro energético (kW.h)	Ahorro energético (%)
Noche	18.72	6.03	12.69	51.25
Semanal	131.04	42.23	88.81	51.25
Mensual	561.6	181	380.6	51.25
Annual	6,832.80	2,202.15	4630.65	51.25

Elaboración propia

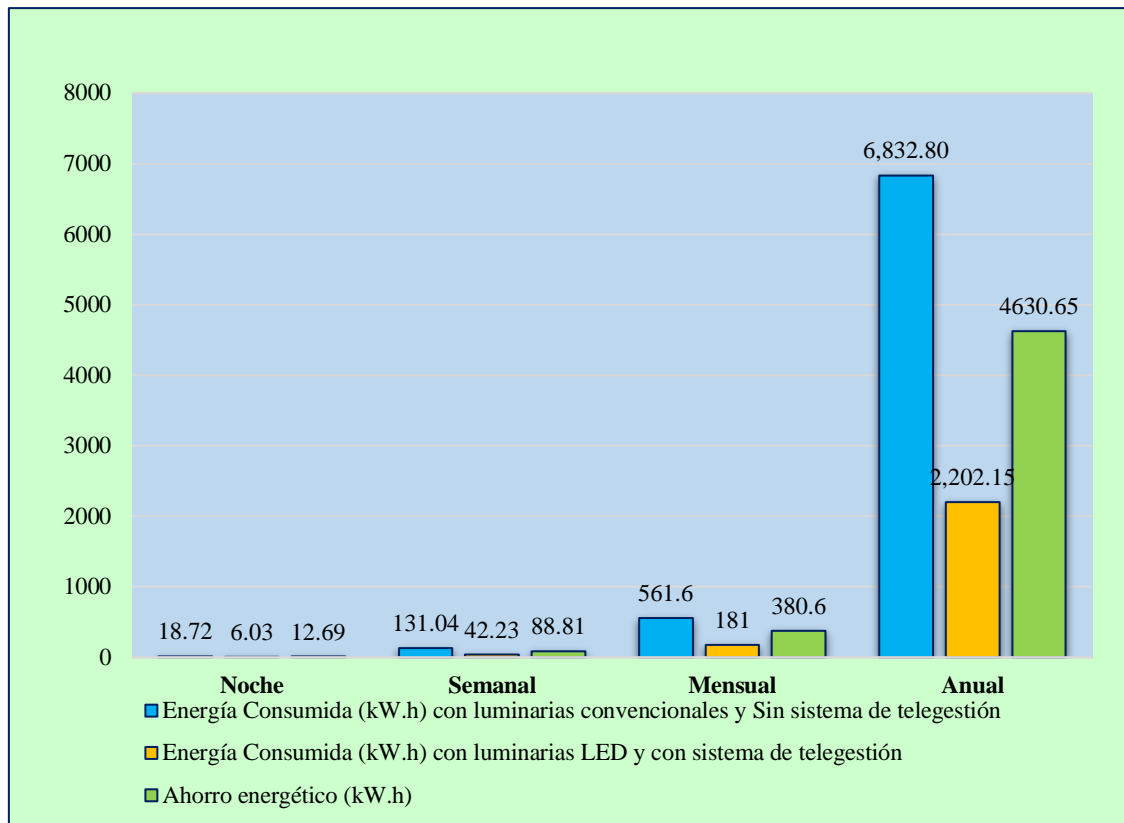


Figura 74: Consumo de energía con y sin sistema de telegestión, Parque Santa Rosa.

Elaboración propia

- **Impacto ambiental**

Combinando las luminarias de tecnología LED con el sistema de telegestión se consigue un enorme ahorro de energía como lo hemos demostrado y reducen considerablemente el tiempo de amortización una instalación nueva. Asimismo, el impacto ambiental tiene una importante reducción, ya que los beneficios vienen por varias fuentes, como:

- Reducción de consumo de energía eléctrica.
- Disminución de costos de reciclamiento de componentes de instalaciones de alumbrado convencional.
- La contaminación lumínica se reduce considerablemente.
- Se extinguen las radiaciones ultravioletas.

Realizando un cuadro resumen, de los datos de los cuadros anteriores se tiene:

Tabla 49: Cuadro Resumen de consumo de energía anual y ahorro con y sin telegestión

LUGAR	ENERGÍA CONSUMIDA ANUAL (kW.h)		Ahorro energético (kW.h)
	Con luminarias convencionales y Sin sistema de telegestión	Con luminarias LED y con sistema de telegestión	
Parque Pino	35,040.00	3,991.06	31,048.94
Parque de las Aguas	80,464.80	9,147.41	71,317.39
Parque Santa Rosa	6,832.80	2,202.15	4630.65
TOTAL	122,337.60	15,340.62	106,996.98

Elaboración propia

Además, según estudios realizados se considera que la producción de 1 kW.h utilizando combustibles fósiles genera un grado de contaminación de 0.29kg. de CO₂.

Del cuadro anterior, se calcula:

Tabla 50: Análisis de disminución de emisiones de CO₂

	Con luminarias convencionales y Sin sistema de telegestión	Con luminarias LED y con sistema de telegestión	Ahorro/reducción energética
Consumo energético anual (kW.h)	122337.60	15340.62	106996.98
Emisiones CO ₂ (Tn)	35.48	4.45	31.03
Emisiones CO ₂ en 20 años (Tn)	709.56	88.98	620.58

Elaboración propia

4.1.8.3. Análisis Económico de Sistema de telegestión

Actualmente, muchas empresas y/o instituciones a nivel mundial ofrecen la posibilidad de implementar un Sistema de telegestión de alumbrado público (Software y hardware).

A continuación, de acuerdo al sistema de telegestión seleccionada anteriormente, se realizará un análisis económico, realizando una comparación de precios.

- **Costo de adquisición e instalación: Sistema de Telegestión OWLET del Grupo Schröder**

A continuación, se desarrolla un análisis económico referencial variable de adquisición e implementación del Sistema de Telegestión OWLET del Grupo Schröder, los valores fueron obtenidos a partir de datos expuestos en la Novena Convención de Empresas de Distribución Eléctrica (CEDELEF), 2018, evento que se desarrolló en la ciudad de Puno.

El análisis económico se realiza en base a la cantidad luminarias LED requeridas, para lograr iluminar eficientemente el Parque Pino, parque de las Aguas y el Parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.

Siendo:

Parque Pino	:	32 luminarias.
Parque de las Aguas	:	54 luminarias
Parque Santa Rosa	:	13 luminarias
Total	:	99 luminarias

Tabla 51: Componentes requeridos para Sistema de Telegestión OWLET Schröder.

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad Medida	Precio Unitario	Precio Total (\$)
01	Luminaria LED	54	Und	320.00	31,680.00
02	Controlador de Luminaria (LUCO P7)	54	Und	60.00	5,940.00
03	Sensores (De movimiento, ambiental)	54	Kit	120.00	11,880.00
04	Cables y conectores	54	Kit	20.00	1,980.00
05	Contenedor de Drivers	54	Und	5.00	495.00
06	Software Web (Owlet)	01	Und	42,000.00	42,000.00
07	Tablero de control	01	Und	1800.00	1,800.00
TOTAL (\$)					95,775.00

Elaboración propia

Tabla 52: Montaje y/o instalación del Sistema de Telegestión OWLET Schröder para el Parque de Las Aguas

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad Medida	Precio Unitario	Precio Total (\$)
01	Contratación de un especialista (30 días)	02	Und	2,000.00	4,000.00
02	Personal Técnico (30 días)	02	Und	1000.00	2,000.00
03	Montaje de Luminaria LED	54	Global	20.00	1,080.00
04	Montaje de controlador de Luminaria LED	54	Global	15.00	810.00
05	Montaje de red de alumbrado (Conductores)	1,000	m	2.00	2,000.00
06	Instalación de Software y centro de Control	01	Und	4,000.00	4,000.00
07	Equipos y materiales para montaje	01	Kit	3,000.00	3,000.00
TOTAL (\$)					16,890.00

Elaboración propia

Tabla 53: Costo total de instalación y montaje del Sistema de Telegestión OWLET.

Ítem	Descripción	Costo Total (\$)
01	Componentes requeridos para el Sistema de Telegestión.	95,775.00
02	Montaje y/o instalación del Sistema de Telegestión para el Parque de las Aguas	16,890.00
Total (\$)		112,665.00
Ciento Doce Mil Seiscientos Sesenta Y Cinco con 00/100 dólares Americanos		

Elaboración Propia

Componentes de luminaria

Los componentes requeridos para un sistema de telegestión, la luminaria con LED se compone de los siguientes elementos: Conjunto óptico, conjunto eléctrico y carcasa.

- **Conjunto óptico:**

El sistema de telegestión requiere que el conjunto óptico esté compuesto por: los módulos LED, una protección exterior a base de vidrio liso templado de alta pureza con transmitancia superior al 90%, el vidrio no podrá ser usado como lente.

• **Costo de adquisición e instalación: Sistema de Telegestión WeLight**

A continuación, se desarrolla un análisis económico de costo referencial variable de adquisición e implementación del Sistema de Telegestión de la Empresa WeLight, los valores fueron obtenidos a partir de datos expuestos en la Novena Convención de Empresas de Distribución Eléctrica (CEDELEF), 2018, evento que se desarrolló en la ciudad de Puno, Siendo:

- Parque Pino : 32 luminarias.
- Parque de las Aguas : 54 luminarias
- Parque Santa Rosa : 13 luminarias
- **Total : 99 luminarias**



Tabla 54: Costos de Componentes para Sistema de Telegestión WeLight

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad Medida	Precio Unitario	Precio Total (\$)
01	Luminaria LED	99	Und	290.00	28,710.00
02	CPU Microcontrolador	99	Und	75.00	7,425.00
03	Sensores (De movimiento, climatológico)	99	Kit	180.00	17,820.00
04	Cables y conectores	99	Kit	100.00	9,900.00
05	Contenedor de Drivers	99	Und	12.00	1,188.00
06	Software Web (WeLight)	01	Und	42,000.00	42,000.00
07	Tablero de control	01	Und	265.00	265
TOTAL (\$)					107,308.00

Elaboración propia

Tabla 55: Costos de montaje e instalación del Sistema de Telegestión WeLight

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad Medida	Precio Unitario	Precio Total (\$)
01	Contratación de un especialista (30 días)	01	Und	2,500.00	2,500.00
02	Personal Técnico (30 días)	02	Und	800.00	1,600.00
03	Montaje de Luminaria LED	54	Global	10.00	540.00
04	Montaje de controlador de Luminaria LED	54	Global	5.00	270.00
05	Montaje de red de alumbrado (Conductores)	1,200	m	1.00	1,200.00
06	Instalación de Software y centro de Control	01	Und	6,000.00	6,000.00
07	Equipos y materiales para montaje	01	Kit	300.00	250.00
TOTAL (\$)					12,360.00

Elaboración propia

Tabla 56: Costo total referencial de instalación y montaje del Sistema de Telegestión WeLight

Ítem	Descripción	Costo Total (\$)
01	Costos de Componentes para Sistema de Telegestión WeLight	107,308.00
02	Costos de montaje e instalación del Sistema de Telegestión WeLight	12,360.00
TOTAL (\$)		119,668.00
Ciento diecinueve mil seiscientos sesenta y ocho con 00/100 Dólares Americanos		

Elaboración propia

4.1.8.4. Análisis Económico de la Propuesta de Sistema de Telegestión.

La propuesta que se desarrolla en el presente trabajo de tesis, a diferencia de los sistemas de telegestión analizados en costo y técnicamente, es un sistema que se adecua en funcionamiento y desempeño a las condiciones climáticas-ambientales de la ciudad de Puno, ya que, como se ha analizado anteriormente, los sistemas anteriores no poseen u ofrecen funcionalidad en condiciones climáticas de Puno.

4.1.8.5. Análisis Económico de consumo de Energía

De acuerdo a la “Norma de Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final” del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía, indica que la opción tarifaria a aplicarse al Alumbrado Público es la Tarifa BT5C.

Tabla 57: Tarifa BT5C- Tarifa Con Simple Medición De Energía 1E - Alumbrado Público

	UNIDAD	TARIFA Sin IGV
Cargo Fijo Mensual (Noviembre 2019)	S./mes	4.00
Cargo por Energía Activa (Noviembre 2019)	ctm. S./kW.h	70.59

Fuente: OSINERGMIN

Tabla 58: Pliego Tarifario del servicio Público de Electricidad - 2019

Concesionaria: ELECTRO PUNO S.A.A.		Sector típico: 2	
Tarifa BT5C: Tarifa Con Simple Medición De Energía 1E - Alumbrado Público			
Ítem	Vigencia	Cargo Fijo Mensual (S./mes)	Cargo por Energía Activa (ctm. S./kW.h)
01	04/01/2019	3.37	65.33
02	04/02/2019	3.37	66.47
03	04/03/2019	3.35	66.19
04	04/05/2019	3.35	66.00
05	04/07/2019	3.35	66.15
06	04/08/2019	3.35	64.98
07	04/09/2019	3.38	65.10
08	04/10/2019	3.38	66.51
09	04/11/2019	4.00	70.95

Elaboración Propia

En consumo de energía en alumbrado público, la empresa Electro Puno S.A.A. sólo aplicará esta opción tarifaria a los usuarios finales dentro de los límites establecidos en el artículo 184° del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. Por lo que la opción tarifaria correspondiente a parques es la que se desarrolla en la tabla anterior (Tabla58).

- **Costos de consumo energía Actual Sin Sistema de Telegestión**

De acuerdo a los datos obtenidos y aplicando la Tarifa Aplicada al Parque, según Tabla anterior, se tiene:

Tabla 59: Costos de consumo de energía, Parque Pino.

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (S/ kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	96	0.7059	0.13333333	S/67.90
Semanal	672	0.7059	1	S/475.36
Mensual	2,880.00	0.7059	4	S/2,036.99
Anual	35,040.00	0.7059	48	S/24,782.74

Elaboración Propia

Tabla 60: Costos de consumo de energía, Parque de las Aguas

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (S/ kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	55.88	0.7059	0.13333333	S/39.58
Semanal	1676.35	0.7059	1.00	S/1,184.34
Mensual	6705.4	0.7059	4.00	S/4,737.34
Anual	80464.8	0.7059	48.00	S/56,848.10

Elaboración Propia

Tabla 61: Costos de consumo de energía, Parque Santa Rosa.

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (S/ kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	18.72	0.7059	0.13333333	S/13.35
Semanal	131.04	0.7059	1	S/93.50
Mensual	561.6	0.7059	4	S/400.43
Anual	6,832.80	0.7059	48	S/4,871.27

Elaboración Propia

- **Costos de consumo energía con Sistema de telegestión**

Si se considera la implementación de un Sistema de Telegestión, se tendría los siguientes resultados:

Tabla 62: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque Pino.

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (S/ kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	10.93	0.7059	0.13333333	S/7.85
Semanal	76.54	0.7059	1	S/55.03
Mensual	328.03	0.7059	4	S/235.56
Anual	3,991.06	0.7059	48	S/2,865.29

Elaboración Propia

Tabla 63: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque de las Aguas

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (ctm S/kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	25.06	0.7059	0.13333333	S/17.82
Semanal	175.43	0.7059	1.00	S/124.84
Mensual	751.84	0.7059	4.00	S/534.72
Anual	9,147.41	0.7059	48.00	S/6,505.16

Elaboración Propia

Tabla 64: Costos de consumo de energía con Sistema de Telegestión, Parque Santa Rosa.

	Energía Consumida (kW.h)	Cargo por Energía Activa (S/ kW.h)	Cargo Fijo (S/ mes)	TOTAL (S/)
Noche	6.03	0.7059	0.13333333	S/4.39
Semanal	42.23	0.7059	1	S/30.81
Mensual	181.00	0.7059	4	S/131.77
Anual	2,202.15	0.7059	48	S/1,602.50

Elaboración Propia

- **Comparación de consumo y costos: Con y sin Sistema de Telegestión**

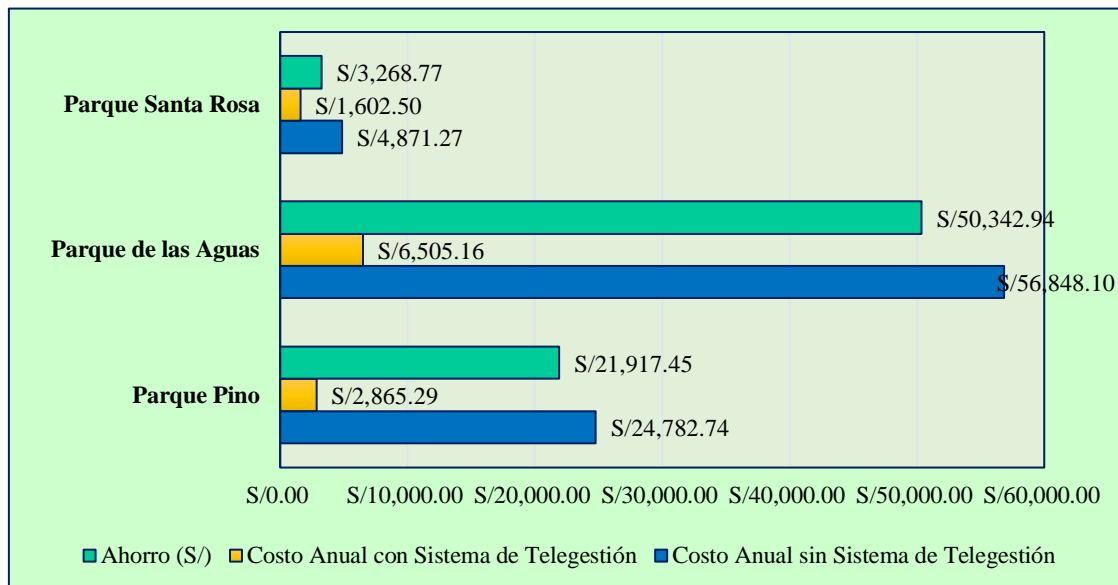
A continuación, se realiza la comparación de costos y el ahorro económico que se obtendría a partir de la implementación de un Sistema de Telegestión en el alumbrado público del parque Pino, Parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno.

Tabla 65: Comparación de costos de consumo de energía con y sin sistema de telegestión

	Costo Anual sin Sistema de Telegestión	Costo Anual con Sistema de Telegestión	Ahorro (S/)	
Parque Pino	S/24,782.74	S/2,865.29	S/21,917.45	88.44%
Parque de las Aguas	S/56,848.10	S/6,505.16	S/50,342.94	88.56%
Parque Santa Rosa	S/4,871.27	S/1,602.50	S/3,268.77	67.10%
TOTAL	S/86,502.11	S/10,972.95	S/75,529.16	87.31%

Elaboración Propia

Tabla 66: Gráfico demostrativo de comparación de costos de consumo de energía con y sin telegestión.



Elaboración Propia

4.1.8.6. Cálculo de VAN Y TIR

A continuación, se desarrolla el cálculo del VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), los cuales nos ayudará a estudiar la viabilidad de la propuesta a nivel económico.

El VAN lo hace en unidades monetarias, nos indica el valor del proyecto a día de hoy; mientras la TIR, nos da una medida relativa, en tanto por ciento.

Del análisis económico realizado, se tiene:

Costo de consumo Anual Iluminación Actual sin sistema de telegestión : S/86,502.11

Costo de consumo Anual Iluminación Propuesta con sistema de telegestión: S/10,972.95

Ahorro anual Consumo Eléctrico: S/75,529.16

Costo anual mantenimiento de iluminación actual sin sistema de telegestión: S/ 10,000.00

Costo anual mantenimiento de iluminación LED con sistema de telegestión: S/ 4,000.00

Inversión requerida implementación de luminarias LED valentino y sistema de telegestión (Costo promedio): \$ 112,665.00 \cong **S/ 373,047.79**

Tabla 67: Costos y recuperación de inversión.

Año	Parámetro	Costo Consumo anual de Energía (S/)	Costo anual mantenimiento (S/)	Total (S/)	Ahorro (S/)	Retorno de inversión
1	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/81,529.16	-S/291,518.63
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
2	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/163,058.32	-S/209,989.47
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		

“...continuación”

3	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/244,587.48	-S/128,460.31
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
4	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/326,116.64	-S/46,931.15
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
5	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/407,645.80	S/34,598.01
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
6	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/489,174.96	S/116,127.17
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
7	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/570,704.12	S/197,656.33
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
8	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/652,233.28	S/279,185.49
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
9	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/733,762.44	S/360,714.65
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
10	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/815,291.60	S/442,243.81
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
11	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/896,820.76	S/523,772.97
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		



“...continuación”

12	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/978,349.92	S/605,302.13
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
13	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,059,879.08	S/686,831.29
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
14	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,141,408.24	S/768,360.45
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
15	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,222,937.40	S/849,889.61
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
16	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,304,466.56	S/931,418.77
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
17	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,385,995.72	S/1,012,947.93
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
18	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,467,524.88	S/1,094,477.09
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
19	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,549,054.04	S/1,176,006.25
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		
20	Sistema Actual	S/86,502.11	S/10,000.00	S/96,502.11	S/1,630,583.20	S/1,257,535.41
	Sistema propuesto	S/10,972.95	S/4,000.00	S/14,972.95		

Elaboración Propia



El valor del VAN se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{f_n}{(1+i)^n}$$

El valor de TIR, se calcula cuando el VAN = 0:

$$-I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{f_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Considerando:

n = 1 al 20

N= 20 años

Tasa de interés = i = 12%

Flujo Neto al año n = $f_n = S/ S/81,529.16$ (Valor por concepto de ahorro en mantenimiento y consumo energético)

Entonces, usando las ecuaciones anteriores, se tiene:

VAN	TIR
S/235,929.67	1.06

Interpretación:

Habiendo hallado el $VAN > 0$, la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r), entonces el proyecto es aceptable.

El valor de TIR quiere decir que en el mercado hemos encontrado una inversión que nos da un retorno mayor que el equivalente de los Flujos de Caja a porcentaje de retorno.



Cálculo de Plazo de recuperación de la inversión inicial:

Periodo de Pay-back= Periodo último retorno de inversión acumulado - (Valor absoluto del ultimo retorno de inversión acumulado negativo/ Valor del ahorro anual en el siguiente periodo)

$$\text{Plazo de recuperación} = 5 - (|-S/46,931.15| / S/81,529.16) = \boxed{4.42 \text{ años}}$$

4.2. DISCUSIÓN

En este trabajo se concuerda con (Chabla & Córdova, 2015) en que es de suma importancia elegir correctamente la luminaria LED de acuerdo a las condiciones ambientales y requerimientos del lugar a iluminar, pero en este caso se debe tener en cuenta que, al momento de elegir la luminaria, este debe tener la capacidad de adecuarse a la implementación de un sistema de telegestión. Del mismo modo, de acuerdo a lo analizado se puede afirmar que (Manzano, 2019) tiene coherencia al afirmar que la efectividad de las redes de iluminación con luminarias de tecnología LED está cercanamente relacionada con el mantenimiento de las mismas, pero con un sistema de telegestión las redes de iluminación ampliarán su vida útil. A tener en cuenta que, la modernización del alumbrado público con luminarias LED telegestionadas, contribuye al mejoramiento de la administración, operación; sumando la capacidad de actualización de base de datos para una mejor programación de las actividades de mantenimiento y una reducción de costos de funcionamiento de las diferentes redes de iluminación de parques.

A la fecha, muy distinto de lo que (Segama Salvatierra, 2017) concluyó en su trabajo de grado en el 2017, con un sistema de telegestión es posible lograr un ahorro energético de más de 69%, tal como se ha demostrado en el presente trabajo, esto debido a que hace algunos años el costo de los LEDs eran más que en actualidad, el costo de los LEDs fue disminuyendo poco a poco con el pasar de los años, hecho que ha beneficiado



a la población ya que poco a poco se fue convirtiendo una tecnología al alcance de la población y de las empresas concesionarias.

Realizando las mediciones luminotécnicas con luxómetro en los parques tomados como muestra para el presente trabajo, se verificó que la iluminación no es acorde a la normatividad vigente ya que no cumple los estándares establecidos para iluminación de parques, además, de que se cuenta luminarias fundidas, puntos de iluminación dañadas (cristal de protección de lámpara), ausencia de control de iluminación. Asimismo, no se toma en cuenta los impactos ambientales causadas por la iluminación con luminarias convencionales actualmente instaladas.

Por lo expuesto, Si, habiéndose realizado inspección al lugar y efectuado cálculos se tiene que el consumo energético sin luminarias LED telegestionadas es de Noche (55.88 kWh), Semanal (1,676.35 kWh), Mensual (6,705.40 kWh) y Anualmente (80,464.80 kWh), entonces, se analiza que si solamente se incluyera la instalación y /o montaje de luminarias LED Valentino, se consigue un ahorro en energía de más del 75% frente al actual alumbrado con luminarias convencionales, pero, si se considera la implementación del sistema de telegestión Owllet del Grupo Schröder, el ahorro en energía es más del 75%.

En el aspecto técnico, se determinó que es completamente aceptable y ventajoso que la iluminación con tecnología LED se implemente, y mucho más, si se considera la instalación de un centro de control de iluminación, ya que con un sistema de telegestión se consiguen más beneficios.

En lo económico, habiéndose realizado un análisis económico de inversión requerida y ahorro económico en función del tiempo, ya que se proyecta 20 años la vida útil de toda la red iluminación telegestionada, se consigue un ahorro económico de más



de 2000 dólares, pero habiendo llevado los beneficios a la población, teniendo calidad de iluminación en parques, y siendo un paso para un futuro de la mano de la tecnología, acercándose más a los Smart Cities, que ya actualmente se viene implementándose en los países desarrollados. Otro aspecto que incentiva a los gobiernos locales y empresas concesionarias es la mejora en la calificación energética del alumbrado de exteriores, los resultados son claros y se establece que en promedio la calificación energética pasará en la escala desde C hasta A (altamente eficiente).

V. CONCLUSIONES

PRIMERO: Se realizó el análisis técnico y económico de los diferentes sistemas de telegestión para el alumbrado con luminarias de tecnología LED que se ofertan en mercado nacional e internacional en la actualidad, dando como resultado, la elección de la propuesta de sistema de telegestión del sistema de telegestión OWLET de la empresa Schröder, dado que ofrece mucha más ventaja técnica y económica frente a otros.

SEGUNDO: Se analizó los sistemas de telegestión existentes que dan la ventaja de optimizar la eficiencia energética en la iluminación de parques con luminarias de tecnología LED, siendo el sistema OWLET el que ofrece esa ventaja.

TERCERO: Se efectuó las comparaciones técnicas y económicas que ofrece el alumbrado público con LEDs telegestionadas frente al alumbrado convencional, determinándose que la implementación de un sistema de telegestión para el alumbrado de parques con luminarias LED es completamente viable técnica y económicamente, estando dentro de los parámetros del mercado actual. Ya que se ha demostrado que con un sistema de telegestión se logra un ahorro energético, anualmente siendo 87.31% en el Parque Pino, 79.58% en el Parque de Las Aguas y un 51.25% en el Parque Santa Rosa. Asimismo, en costos de consumo de energía se logra un ahorro, anualmente siendo 88.44% en el Parque Pino, 88.56% en el Parque de Las Aguas y 67.10% en el Parque Santa Rosa, lográndose un promedio de casi el 90%. Habiéndose calculado un VAN (S/235,929.67) y TIR (1.06) que indican la viabilidad de la implementación de un sistema de telegestión.

CUARTO: Se realizó un diagnóstico del estado situacional del alumbrado público convencional del Parque Pino, parque de las Aguas y el parque Santa Rosa de la ciudad de Puno, habiéndose diagnosticado una iluminación convencional de baja calidad.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda, a la municipalidad provincial de Puno, implementar un sistema de telegestión para el alumbrado público de parques con luminarias LED, por las mejoras en la calidad de energía eléctrica, calidad de vida y cambio de tecnología y el desarrollo de la región Puno.

SEGUNDO: Se recomienda, antes de adquirir un sistema de telegestión, realizar un análisis técnico y económico de las bondades que ofrece el sistema de telegestión para el alumbrado de parques.

TERCERO: Efectuar un análisis comparativo de ventajas y desventajas técnica-económica de las nuevas luminarias de tecnología LED frente a las actuales luminarias convencionales.

CUARTO: Realizar una auditoría completa sobre la actualidad del alumbrado público de parques en la ciudad de Puno, realizando un inventario detallado, un análisis y tratamiento de los datos obtenidos, un diagnóstico preliminar de las deficiencias o posibles mejoras, y unas líneas generales de propuestas de mejora.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Robótica de Rivas. (n.d.). *Robótica con Arduino: Led RGB (parte I)*.
Asociación de Robótica de Rivas. Retrieved January 12, 2020, from
<http://roboticarivas.org/robotica-con-arduino-led-rgb-parte-i/>
- Beldeus Iluminación Eficiente. (n.d.). *Temperatura de color de la luz*. Beldeus
Iluminación Eficiente. Retrieved January 3, 2020, from
[http://www.beldeus.com/blog/temperatura-de-color-de-la-luz-que-son-los-grados-
kelvin/](http://www.beldeus.com/blog/temperatura-de-color-de-la-luz-que-son-los-grados-kelvin/)
- Bernardo, J. (2016). Eficiência Energética na iluminação pública. *Direção Geral de
Energia e Geologia*, 79.
- Blasco, A. (n.d.). *Proyectores LED: ¿Con Tecnología COB o SMD?* Soporte Cordoba.
Retrieved December 11, 2019, from [https://soporte-
cordoba.blogspot.com/search?q=LED](https://soporte-cordoba.blogspot.com/search?q=LED)
- Boscarol, M. (2007). *De la radiometría a la fotometría*. Imagen Digital.
http://www.gusgsm.com/de_la_radiometria_a_la_fotometria
- Cabrera, R. (2019). *Propagación Rectilínea de la Luz*. Ricardo Cabrera.
https://ricuti.com.ar/no_me_salen/ondas/Ap_luz_rayos.html
- Centro Especial de Metrología. (2018). *Curvas de eficiencia espectral fotópica y
escotópica*. E-Medida: Revista Española de Metrología. [https://www.e-
medida.es/category/articulos/](https://www.e-medida.es/category/articulos/)
- CESLED. (2017). *POR QUÉ LED*. CES LED Iluminación Industrial.
<http://cesled.com/por-que-led/>
- Chabla, L., & Córdova, D. (2015). *Eficiencia Energética en el Alumbrado Público del
Centro Histórico de Cuenca: Telegestión y Sustitución de Luminarias* [Universidad
de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21652>
- DeltonHoldings. (n.d.). *Aplicaciones LED*. DeltonHoldings. Retrieved January 12, 2020,
from <https://deltonholdings.com/aplicacionesled/>
- Flores, J. (2013). *Confiabilidad de los Sistemas de Alumbrado Público en el Contexto de
la Smart Grid* [Universidad de Córdoba].
<https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/9805>



- Foros de Electrónica. (n.d.). *Tabla de Colores LED*. Foros de Electronica. Retrieved December 4, 2019, from <https://www.forosdeelectronica.com/search/154548/?q=colores+led&o=relevance>
- Gallego, J. (n.d.). *Comprender La Luz*. Carrete Digital. Retrieved December 29, 2019, from <https://carretedigital.com/cultura-fotografica/comprender-la-luz/>
- Garcia, J. (n.d.-a). *Alumbrado de vías públicas*. Oriol Boix. Retrieved December 12, 2019, from https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/vias_p.html
- Garcia, J. (n.d.-b). *La Luz*. Oriol Boix. Retrieved December 16, 2019, from https://recursos.citcea.upc.edu/llum/luz_vision/luz.html
- GenergyLED. (2016). *Evolución de las bombillas incandescentes a la tecnología LED*. GenergyLED. <https://generyled.com/evolucion-de-las-bombillas/>
- GoogleMaps. (2019). *UbicaciónPuno*. GoogleMaps. <https://www.google.com/maps/place/Puno/@-15.6720796,-70.2656644,131210m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x915cc50c7ad1a787:0x772bc030ccdd9916!8m2!3d-15.234875!4d-70.050314>
- INDESAM. (n.d.). *Tecnología C.O.B. y S.M.D*. INDESAM. Retrieved November 4, 2019, from <http://indesam.com/ingenieria-luminica/que-es-la-tecnologia-c-o-b/>
- Instituto Geográfico Nacional. (2019). *Catalogo de Productos y Servicios*. Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.gob.pe/catalogo-de-productos-y-servicios/>
- LedboxNews. (2019). *Clases de protección IP en las luminarias LED. Protección contra el contacto y la penetración de agua y suciedad*. LEDBOXBlog. <https://blog.ledbox.es/informacion-led/estandares-y-grados-de-proteccion-en-luminarias-led>
- Lora, R. (2018). *Ahorro Energético en Alumbrado Público con el Desarrollo de un Prototipo de Sistema de Telegestión Remoto para Lámparas tipo LED de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A.* [Escuela Politecnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19460>
- LUMIDIN. (n.d.). *Telegestión de Alumbrado Público*. LUMIDIN de Mexico, S.A. de C.V. Retrieved November 10, 2019, from <http://lumidim.com/es/soluciones/telegestion-de-alumbrado-publico/>



- Lumina. (n.d.). *Bombillas LED, una nueva forma de iluminarnos*. Lumina Energía. Retrieved December 5, 2019, from <https://luminaenergia.es/bombillas-led-una-nueva-forma-iluminarnos/>
- Luxiot.eu. (2016). *Telegestión remota de alumbrado público*. LuxIoT Lighting the IoT. <http://luxiot.eu/#beneficios>
- MachElectronics. (2014). *Soluciones de IT, Telecomunicaciones y Broadcasting*. MachElectronics. <http://www.machelectronics.com/index.php?pagina=ver-producto&producto=28>
- Manzano, E. (2019, June). Eficiencia y Mantenimiento de Luminarias LED en Alumbrado Público. *Editores S.R.L.*, 1–6. <https://www.editores-srl.com.ar>
- Mete, M. (2014). Valor Actual Neto Y Tasa De Retorno: Su Utilidad Como Herramientas Para El Análisis Y Evaluación De Proyectos De Inversión. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 7(7), 67–85.
- Moreno, L. (n.d.). *Modelos de color: Sistema RGB*. Desarrolloweb.Com. Retrieved January 4, 2020, from <https://desarrolloweb.com/articulos/1483.php>
- Morente, C. (2012). *Elaboración del material docente actualizado para curso on-line de iluminación*. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/fundamentosIluminacion-magnitudesLuminosas.php>
- Nadilux. (n.d.). *Software para el mantenimiento del alumbrado público*. Nadilux. Retrieved January 4, 2020, from <https://www.nadilux.com/alumbrado-publico/>
- Prilux. (2019). *Especialistas en iluminación LED*. Grupo Prilux. <http://www.grupoprilux.com/>
- Rodriguez, A. (2016). *Telegestión del Servicio de Alumbrado Público Inteligente para el Parque Metropolitano el Tunal Ubicado en la Ciudad de Bogotá* [Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/132/
- Schröder. (n.d.). *Schröder*. Schröder Latin. Retrieved December 20, 2019, from <https://latin.schreder.com/es>
- Schröder. (2020). *Enable your Smart City thanks to Smart Lighting*. Schröder.

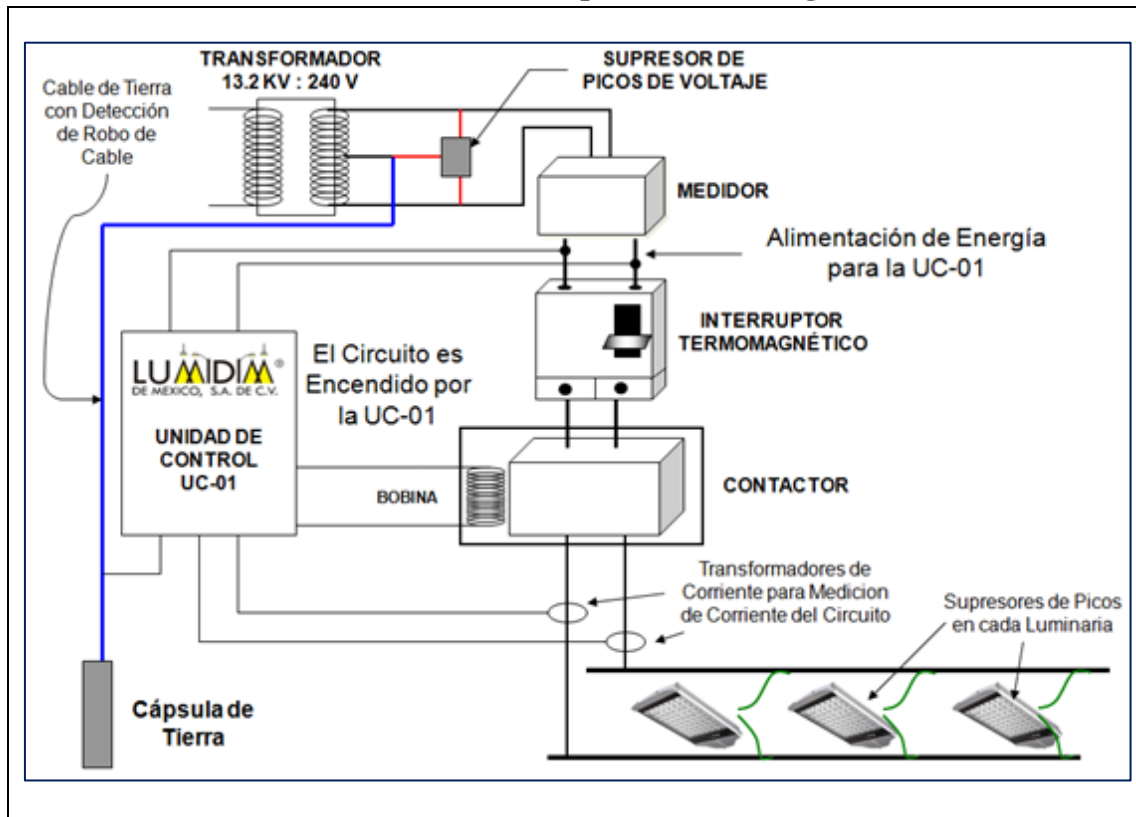


<https://www.schreder.com/en/products/owlet-iot-smart-city-control-systems>

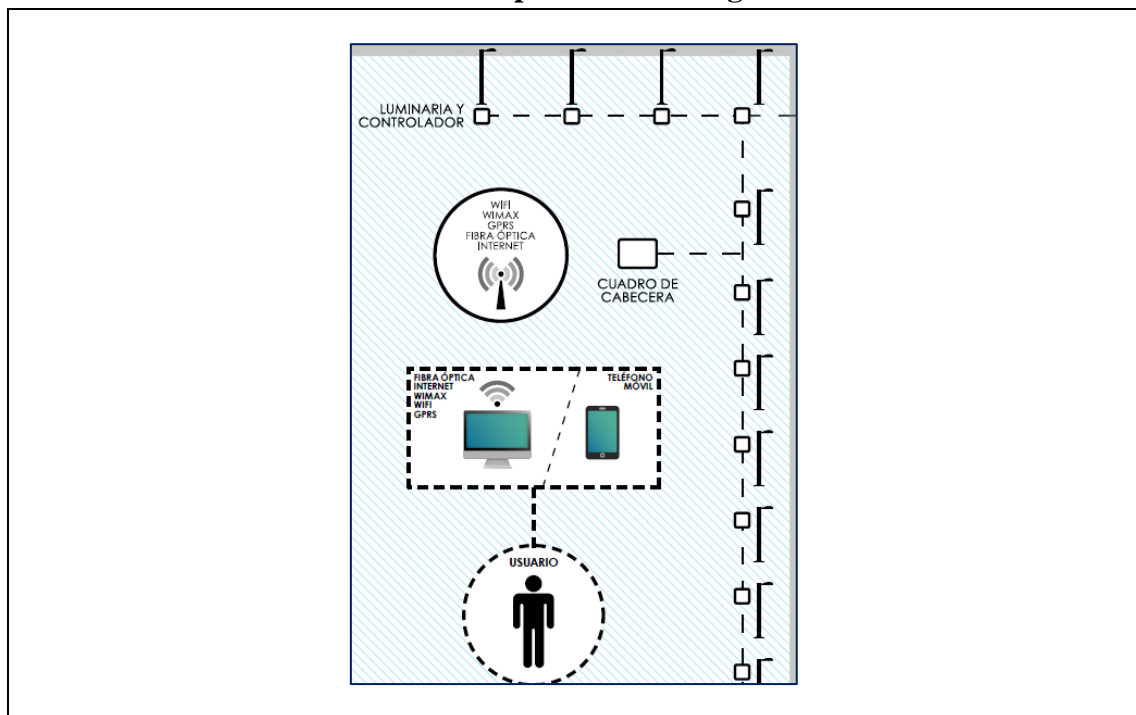
- Segama, R. (2017). *Propuesta de Implementación de un Sistema de Telegestión de Alumbrado Público para el Campus Universitario de la Universidad de la Nacional de Ingeniería* [Universidad Nacional de Ingeniería]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_6ae333ea1a680b3f9151fca7ea839afe
- SENAMHi. (2019). *Datos meteorológicos Puno*. SENAMHi. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=estaciones>
- Sevilla, A. (n.d.). *Tasa interna de retorno (TIR) - Qué es, definición y concepto*. Economipedia. Retrieved January 5, 2020, from <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- SGT TOTAL MEXICO. (2017). *Lamparas-Luminarias de LED Para alumbrado público*. SGT TOTAL MEXICO. <http://www.sgt-total.com/index.html>
- SmartLighting. (2019). *Esquema LED*. SmartLighting A Journal on Lighting Technologies. <https://smart-lighting.es/tecnologia-led-luminarias-alumbrado-exterior/esquema-led/>
- TallerElectronica.com. (n.d.). *Diodo*. TallerElectronica.Com. Retrieved November 26, 2019, from <https://tallerelectronica.com/diodo/>
- TubeLed. (n.d.). *Luminaria Publica con Sistema de Telegestion*. TubeLed. Retrieved November 5, 2019, from <https://tubeled.cl/luminaria-publica-con-sistema-de-telegestion>
- Wellmax. (2015). *Bombilla LED PAR38 12W blanco*. Wellmax. <http://www.bombillasconled.com/productos/bombilla-led-par38-12w-blanco-48>
- Wellness Smart Cities S.L. (2017). *Soluciones de Telegestión para Alumbrado Público*. WeLight. <http://www.welightsolution.com/soluciones/>

ANEXOS

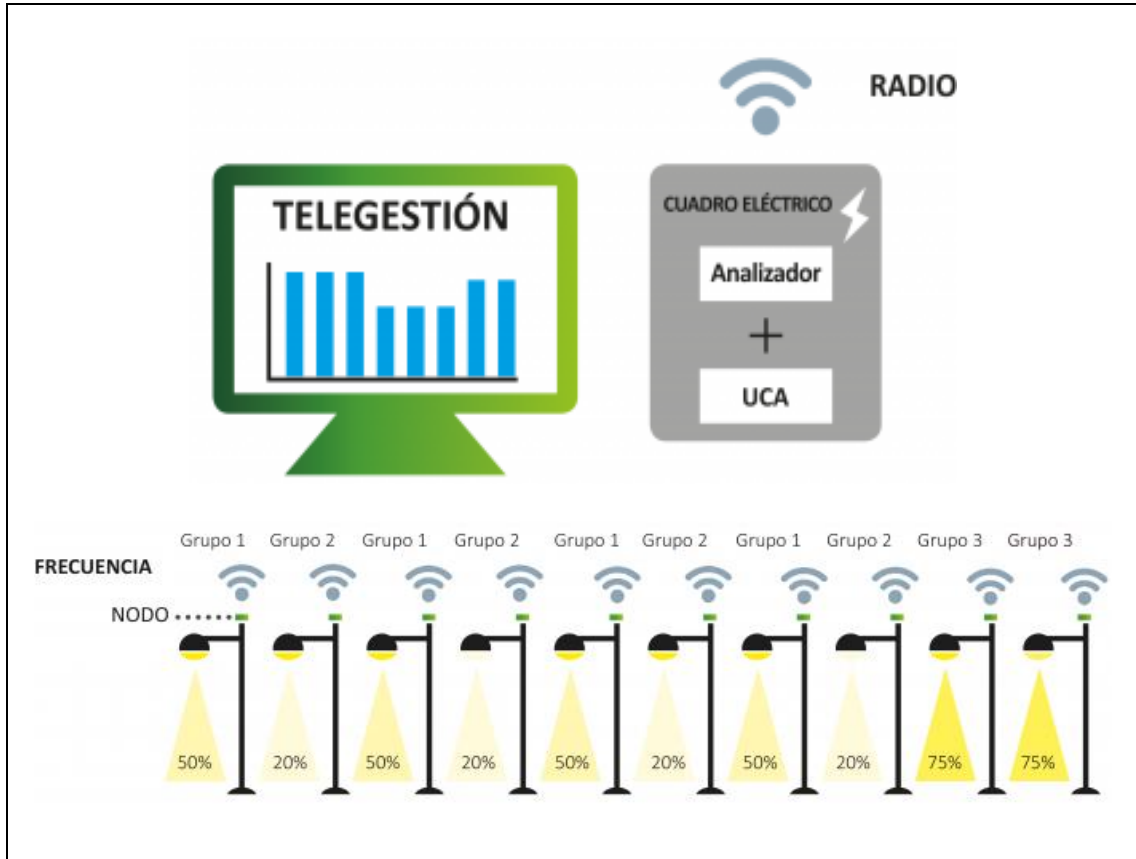
ANEXO 1. Circuito de alumbrado público con Telegestión LUMIDIM



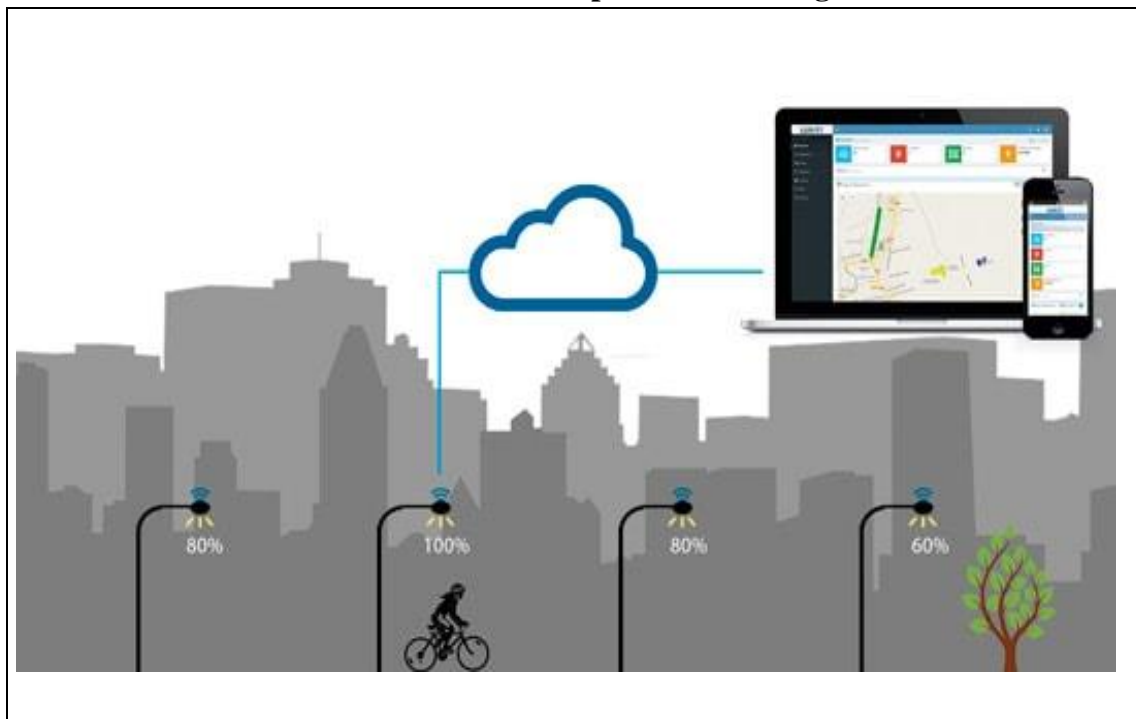
ANEXO 2. Circuito de alumbrado público con telegestión PRILUX Iluminación



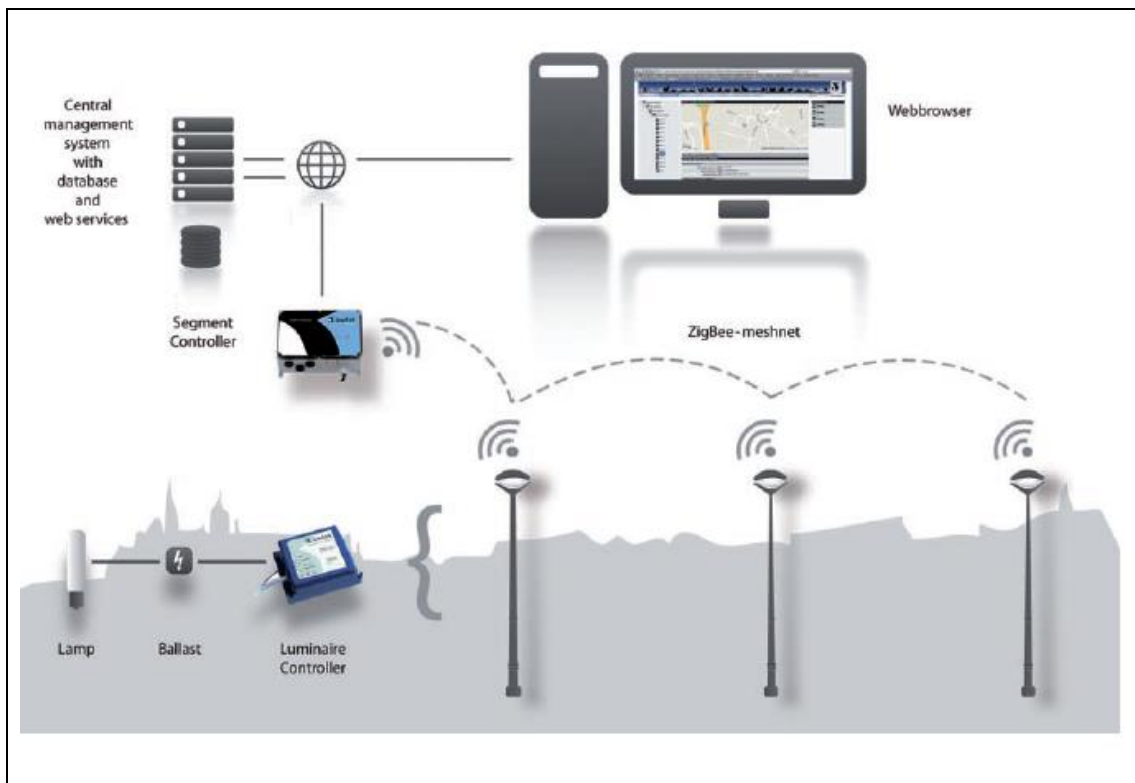
ANEXO 3. Circuito de alumbrado público con Telegestión WeLight



ANEXO 4. Circuito de alumbrado público con Telegestión NIMBUS



ANEXO 5. Circuito de alumbrado público con Telegestión OWLET Grupo Schröder



ANEXO 6. Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad - OSINERGMIN.

<https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=21000>

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

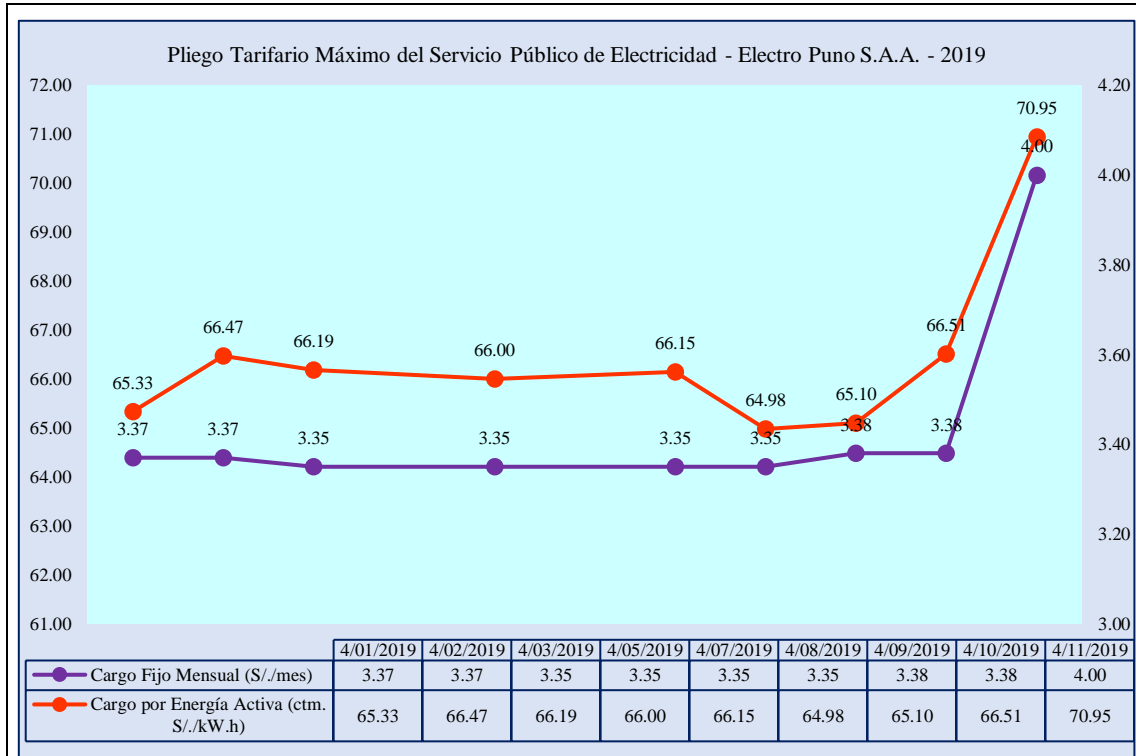
Pliego	Vigencia	Sector
Interconexion PUNO SEIN	4/Nov/2019	2

Empresa: Electro Puno

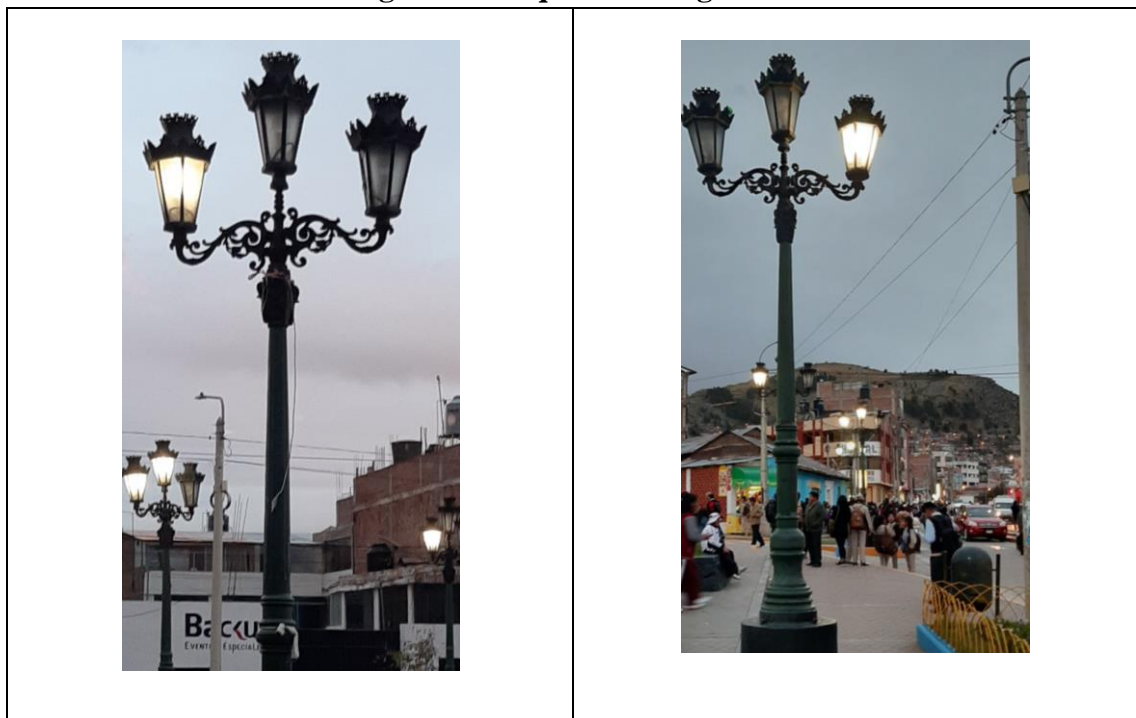
TARIFA BT5C: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público

Cargo Fijo Mensual	S./mes	4.00
Cargo por Energía Activa	ctm. S./kWh	70.59

ANEXO 7. Evolución e incremento de tarifas eléctricas



ANEXO 8. Fotografías Parque de las Aguas – Setiembre 2019



ANEXO 9. Fotografías Parque de las Aguas – noviembre 2019



ANEXO 10. Alumbrado actual en el Parque Santa Rosa, Puno.



ANEXO 11. Alumbrado actual en el Parque Pino, Puno.

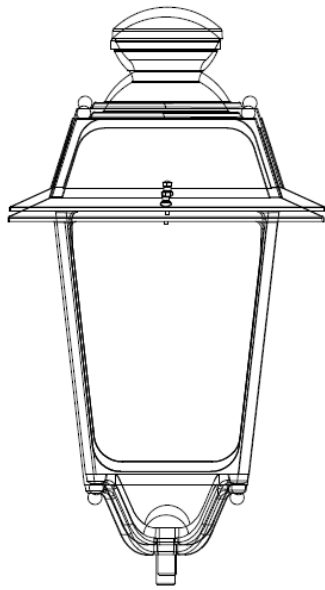


ANEXO 12. Especificaciones técnicas Luminaria LED Valentino

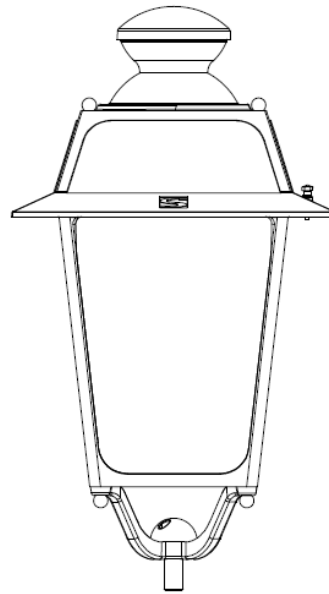
	<h3>Características</h3> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Valentino LED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura de la instalación recomendada</td> <td>3,5 a 5 m / 11' a 16'</td> </tr> <tr> <td>Paquete lumínico (flujo nominal)</td> <td>1.300 a 8.300 lm</td> </tr> <tr> <td>Consumo de potencia</td> <td>18,2 W a 73 W</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de color</td> <td>Blanco cálido o neutro</td> </tr> <tr> <td>Tensión nominal</td> <td>220-240 V / 120-277 V 50-60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Protección contra sobretensiones</td> <td>10 kv</td> </tr> </tbody> </table>	Valentino LED		Altura de la instalación recomendada	3,5 a 5 m / 11' a 16'	Paquete lumínico (flujo nominal)	1.300 a 8.300 lm	Consumo de potencia	18,2 W a 73 W	Temperatura de color	Blanco cálido o neutro	Tensión nominal	220-240 V / 120-277 V 50-60 Hz	Protección contra sobretensiones	10 kv																																			
Valentino LED																																																		
Altura de la instalación recomendada	3,5 a 5 m / 11' a 16'																																																	
Paquete lumínico (flujo nominal)	1.300 a 8.300 lm																																																	
Consumo de potencia	18,2 W a 73 W																																																	
Temperatura de color	Blanco cálido o neutro																																																	
Tensión nominal	220-240 V / 120-277 V 50-60 Hz																																																	
Protección contra sobretensiones	10 kv																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Valentino LED LensoFlex</th> <th rowspan="2">Vida útil: Mantienen flujo luminoso tq 25 @100.000</th> </tr> <tr> <th>Número de LED</th> <th>Blanco neutro (4250K)</th> <th>16 LED</th> <th>24 LED</th> <th>32 LED</th> <th>48 LED</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Corriente: 350mA</td> <td>Flujo nominal (lm)*</td> <td>2200</td> <td>3400</td> <td>4000</td> <td>6800</td> <td rowspan="2">90%</td> </tr> <tr> <td>Consumo eléctrico (W)</td> <td>19</td> <td>28</td> <td>36</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Corriente: 500mA</td> <td>Flujo nominal (lm)*</td> <td>3000</td> <td>4500</td> <td>6000</td> <td>9000</td> <td rowspan="2">80%</td> </tr> <tr> <td>Consumo eléctrico (W)</td> <td>26</td> <td>39</td> <td>51</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Corriente: 700mA</td> <td>Flujo nominal (lm)*</td> <td>3800</td> <td>5800</td> <td>7700</td> <td>-</td> <td rowspan="2">80%</td> </tr> <tr> <td>Consumo eléctrico (W)</td> <td>37</td> <td>55</td> <td>71</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		Valentino LED LensoFlex					Vida útil: Mantienen flujo luminoso tq 25 @100.000	Número de LED	Blanco neutro (4250K)	16 LED	24 LED	32 LED	48 LED	Corriente: 350mA	Flujo nominal (lm)*	2200	3400	4000	6800	90%	Consumo eléctrico (W)	19	28	36	53	Corriente: 500mA	Flujo nominal (lm)*	3000	4500	6000	9000	80%	Consumo eléctrico (W)	26	39	51	75	Corriente: 700mA	Flujo nominal (lm)*	3800	5800	7700	-	80%	Consumo eléctrico (W)	37	55	71	-
Valentino LED LensoFlex					Vida útil: Mantienen flujo luminoso tq 25 @100.000																																													
Número de LED	Blanco neutro (4250K)	16 LED	24 LED	32 LED		48 LED																																												
Corriente: 350mA	Flujo nominal (lm)*	2200	3400	4000	6800	90%																																												
	Consumo eléctrico (W)	19	28	36	53																																													
Corriente: 500mA	Flujo nominal (lm)*	3000	4500	6000	9000	80%																																												
	Consumo eléctrico (W)	26	39	51	75																																													
Corriente: 700mA	Flujo nominal (lm)*	3800	5800	7700	-	80%																																												
	Consumo eléctrico (W)	37	55	71	-																																													
<p>Dimensiones Montaje</p> <p>A 450 mm 17,7"</p> <p>B 760 mm 29,9"</p> <p> 7 kg 15,4 lb</p>																																																		
<h3>VERSIONES</h3> <table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VIDRIO PLANO</td> <td>PROTECTOR TRANSPARENTE</td> <td>PROTECTOR OPAL</td> <td>PROTECTOR ESTRUCTURADO</td> </tr> </table>							VIDRIO PLANO	PROTECTOR TRANSPARENTE	PROTECTOR OPAL	PROTECTOR ESTRUCTURADO																																								
VIDRIO PLANO	PROTECTOR TRANSPARENTE	PROTECTOR OPAL	PROTECTOR ESTRUCTURADO																																															

Especificaciones de Schröder.

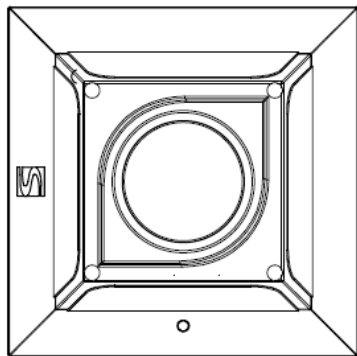
ANEXO 13. Luminaria LED Valentino



Vista Frontal



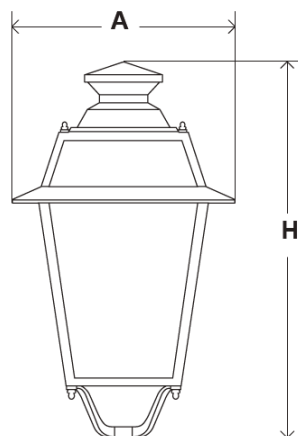
Vista de perfil



Vista de planta



Vista Isométrica



Dimensiones

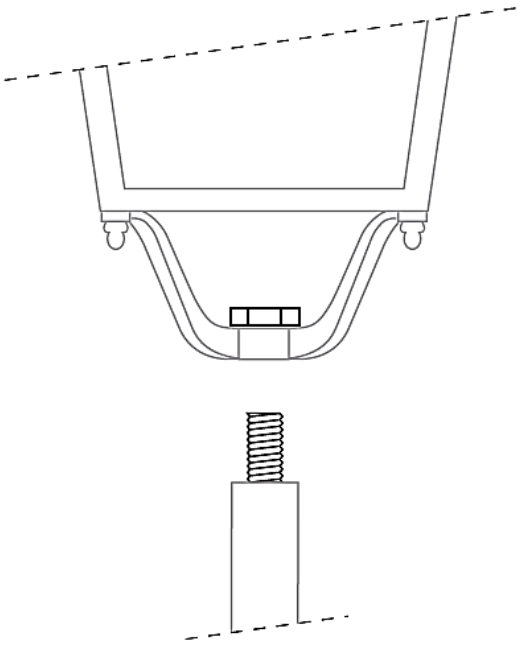
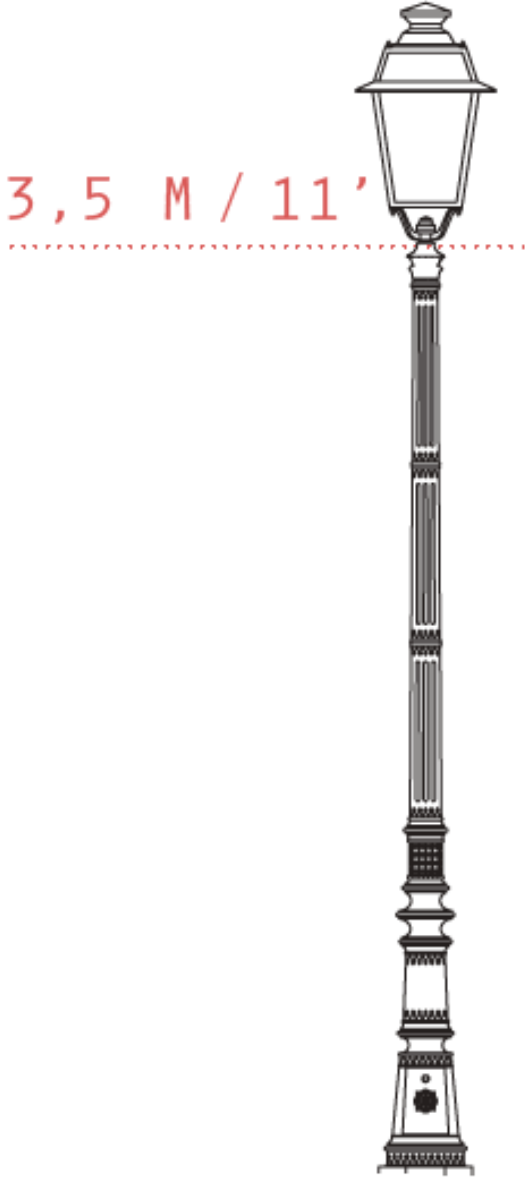
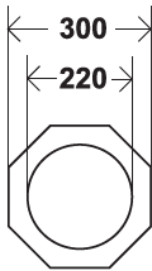
H 760 mm | 29,9"

A 450 mm | 17,7"





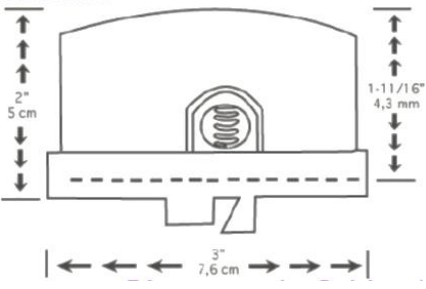
7 kg | 15,4 lb

Datos de Schröder

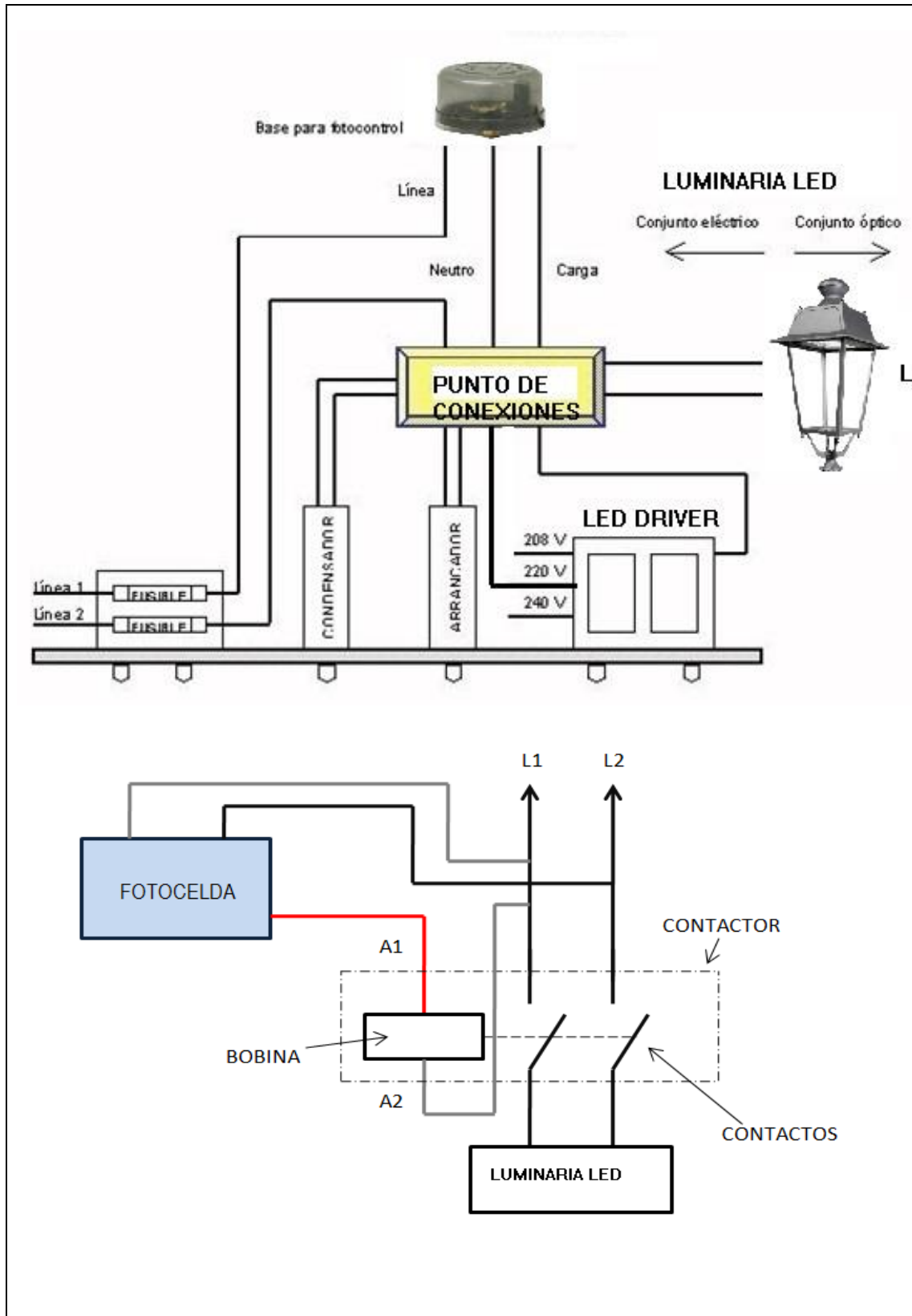
ANEXO 14. Montaje de Luminaria LED

 <p>Montaje Post-Top</p> <p>El montaje de la luminaria LED Valentino es del tipo post-top. Un embellecedor oculta la tuerca de montaje y proporciona un acabado de superficie lisa en la base de la luminaria.</p> <p>La luminaria va resacado en una estructura, roscado macho de $\frac{3}{4}$"', asegurada con una contratuerca</p>	 <p>3,5 M / 11'</p> <p>Vista de luminaria LED instalado.</p> <p>- Datos de Schröder.</p>
 <p>Montaje de base</p>	

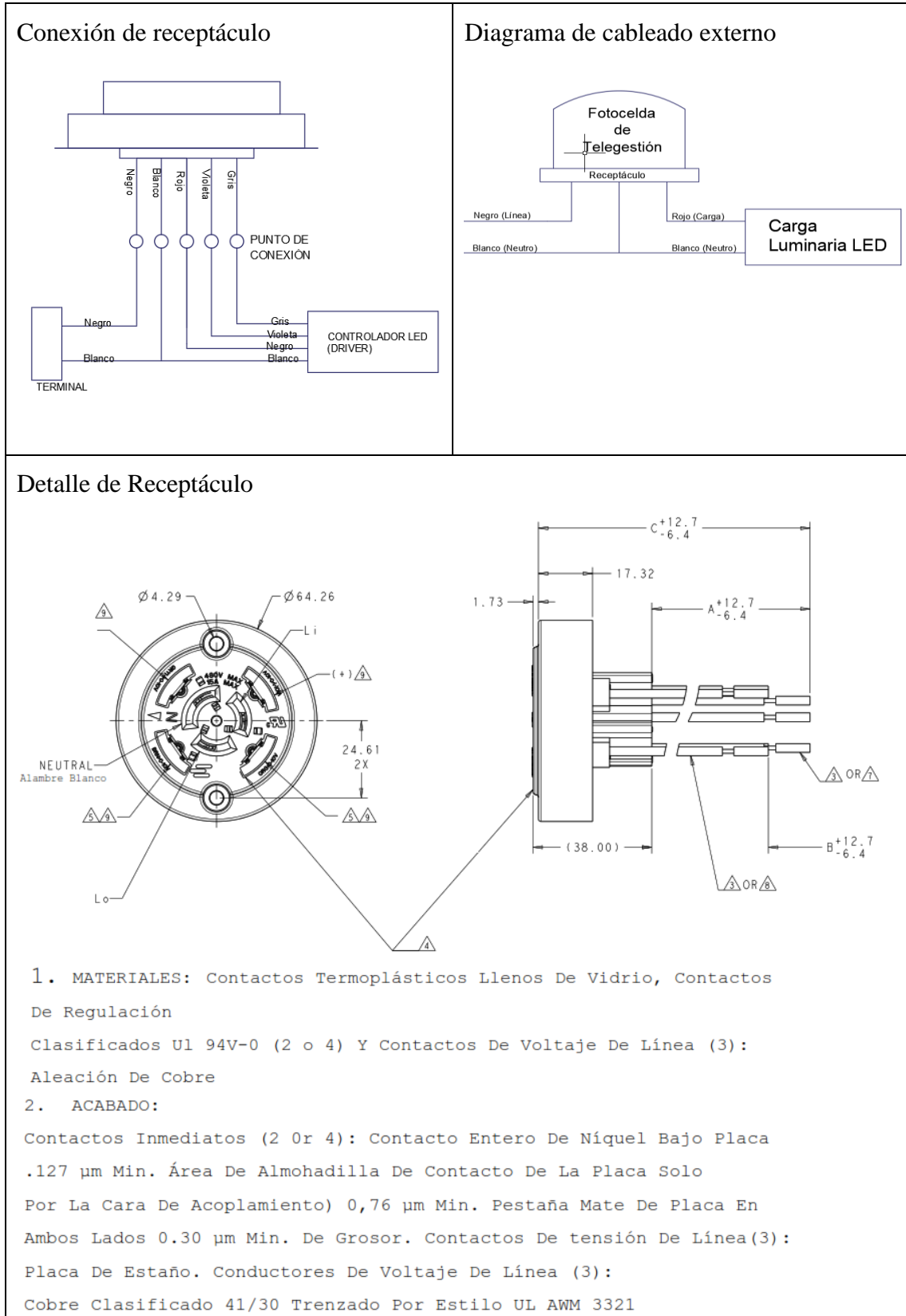
ANEXO 15. Componente de Sistema de Telegestión

 <p>Fotocelda de telegestión</p> <p>Funcionalidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detección precisa de avería con umbral programable. • Detección de averías, fallas. • Lectura de V, A, W, Cosφ, kWh, y T°C. • Variación de Intensidad luminosa • Desconexión temporizada del arrancador. • Detección de fallo de fusible. • Relé ON-OFF. 	 <p>Receptáculo para fotocelda</p> <p>Ofrece una interconexión mecánica y eléctrica entre una celda de control de foto y la luminaria LED..</p>
 <p>Componentes de Interior</p> <p>Fuente: Telemetric</p> <p>Telemetría Industrial</p>	 <p>Conexión Fotocelda y receptáculo</p>
 <p>Dimensiones</p>	

ANEXO 16. Diagrama de Montaje de Luminaria con componentes de Telegestión



ANEXO 17. Detalle de Focelda de Telegestión y receptáculo





- 3 Conductores De Voltaje De Línea (3):14 AWG, 600W, 150°C
COBRE CLASIFICADO 41/30 TRENZADO POR ESTILO UL AWM 3321
- 4 INTERFAZ DE ACOPLAMIENTO SEGÚN ANSI C136.41-2013.
- 5 CONTACTOS DE DIMMING OPCIONALES (2) SUMINISTRADOS.
- 6 CONDUCTORES DE REGULACIÓN (2 O 4): 18 AWG, 600V,
150 ° C, CLASIFICADOS POR ESTILO UL AWM 3321
- 7 CONDUCTORES DE VOLTAJE DE LÍNEA (3): 14 AWG, 220
- 600V, 105 ° C
- 8 CONDUCTORES DE REGULACIÓN (2 O 4): 18 AWG, 600V,
105 ° C, COBRE 16/30.
- 9 LUBRICACIÓN: LAS SUPERFICIES DE LA ALMOHADILLA DE CONTACTO
PLATEADAS DE CONTACTOS DE REGULACIÓN SE LUBRICAN CON UN
LUBRICANTE TRANSPARENTE (NO VISIBLE) PARA MEJORAR LA
DURABILIDAD Y EL RENDIMIENTO. EVITE EL CONTACTO CON ESTOS



ANEXO 18. Planos

Se anexa 03 planos de tamaño A3 que hace representación de la red de alumbrado público actual de los parques: Parque Pino, Parque de Las Aguas y Parque Santa Rosa, de la ciudad de Puno.

ÍTEM	N° PLANO	DENOMINACIÓN	TAMAÑO
1	01	Red de Alumbrado Público del Parque Pino (Parque Manuel Pino)	A3
2	02	Red de Alumbrado Público del Parque de Las Aguas	A3
3	03	Red de Alumbrado Público del Parque Santa Rosa	A3