



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



**“ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA POR ALUMBRADO PÚBLICO UTILIZANDO
LUMINARIAS TIPO LED Y LUMINARIAS CONVENCIONALES,
EN LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ELECTRO
PUNO S.A.A.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WILSON ARNALDO MAYTA MACHACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2018



DEDICATORIA

En memoria de mi padre Porfidio Moisés Mayta Calcina y mis abuelos Papá Julio y Mamá Margarita, quienes me animaron y apoyaron a seguir esta gran profesión, y que con su forma de ser y sus actos me enseñaron la empatía y fidelidad al prójimo.

A mi madre Rina Julia, que con su cariño, esfuerzo y paciencia siempre me anima a seguir adelante, porque es el motivo de mi vida y orgullo de la persona que soy. Gracias amada madre.

A mis hermanos Nilton, Elvin, Deysi y Aldair por su apoyo y comprensión a lo largo de mi vida académica y profesional. Gracias por confiar en mí.



AGRADECIMIENTO

A Dios que siempre me da la sabiduría y fortaleza para tomar las mejores decisiones. " Sé fuerte y valiente. No tengas miedo ni te desanimes porque el Señor tu Dios estará contigo donde quiera que vayas." Josué 1:9

A mis padres Porfidio Moisés (†) y Rina Julia que supieron darme su apoyo incondicional y confianza en este camino profesional.

A mis hermanos, familiares y amigos que me brindan sus consejos y apoyo.

A los Ingenieros y profesionales de la Empresa de Generación Eléctrica San Gaban y Electro Puno S.A.A., que compartieron conmigo sus conocimientos, enseñanzas y anécdotas de sus vidas, los cuales me formaron la persona que soy.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica que tienen la noble vocación de brindar sus conocimientos y sabiduría para formar profesionales que representen a nuestra Región y País.

A mi asesor de tesis M.Sc. Juan Renzo Illacutipa Mamani, quien supo encaminar el presente proyecto y a los miembros del jurado

Dr. Olger Alejandrino Ortega Achata, M.Sc. Roberto Jaime Quiroz Sosa y
M.Sc. Angel Mario Hurtado Chavez.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1.1 Problema General	16
1.1.2 Problemas Específicos	16
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	18
2.2 LA ILUMINACIÓN ANTES DE LA ELECTRICIDAD.....	21
2.3 LLEGA LA ELECTRICIDAD AL PERÚ (1886 - 1903).....	22
2.4 ALUMBRADO PÚBLICO	23
2.5 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO... 24	
2.6 ILUMINACIÓN.....	24
2.6.1 La Luz.....	24



2.6.2	Color de Luz	25
2.6.3	Clasificación de los Colores según el Diagrama Cromático C.I.E.	26
2.6.4	Temperatura de Color (TC)	27
2.6.5	Índice de Rendimiento de Color (IRC).....	29
2.6.6	Flujo Luminoso.....	30
2.6.7	Iluminancia	30
2.6.8	Intensidad Luminosa.....	31
2.6.9	Luminancia	33
2.6.10	Eficiencia Luminosa	35
2.7	TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN	35
2.7.1	Sistemas de Iluminación	36
2.7.2	Equipos Auxiliares.....	44
2.8	TECNOLOGÍA LED	46
2.8.1	LED.....	46
2.8.2	Conocimientos básicos sobre la Tecnología LED	48
2.8.3	Tipos de LED.....	50
2.8.4	Drivers y control de Alumbrado	53
2.8.5	Alumbrado Exterior LED	56
2.9	NORMATIVIDAD	59
2.9.1	Tipos de Alumbrado según la clasificación Vial.....	59
2.9.2	Tipos de calzada para Alumbrado Público	61
2.9.3	Niveles de Luminancia, Iluminancia e Índice de Control de Deslumbramiento	61
2.10	IMPACTO ECONÓMICO.....	62
2.11	VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)..	64
2.11.1	Valor Actual Neto (VAN).....	64



2.11.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	65
2.12	TELEGESTIÓN.....	67
2.12.1	Componentes del Sistema de Telegestión.....	68

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.3	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.....	70
3.4	ÁREA DE CONCESIÓN.....	70
3.5	TIPOS DE LUMINARIAS UTILIZADAS.....	71
3.6	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LUMINARIAS.....	74
3.6.1	Comparación de características de Luminarias.....	74
3.6.2	Consumo de Energía.....	75
3.7	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	76
3.7.1	Costo de Luminarias.....	76
3.7.2	Costos de Mantenimiento.....	76
3.7.3	Costo del Consumo de Energía.....	77
3.8	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	77
3.9	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	82
3.9.1	Marco Legal.....	83

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	85
4.1.1	Comparación de Características de Luminarias.....	85
4.1.2	Cálculos Luminotécnicos.....	88
4.1.3	Consumo en Luminarias Convencionales.....	95



4.1.4	Consumo en Luminarias LED	97
4.1.5	Resumen de Consumo de Energía Eléctrica	99
4.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA	100
4.2.1	Costos de Luminarias.....	100
4.2.2	Costos de Mantenimiento	101
4.2.3	Costo de Consumo de Energía.....	105
4.2.4	Resultado de Evaluación Económica.....	106
4.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	111
4.3.1	Ventajas	111
4.3.2	Desventajas	112
4.4	EFICIENCIA ENERGÉTICA	112
V. CONCLUSIONES.....		113
VI. RECOMENDACIONES		115
VII. REFERENCIAS.....		116
ANEXOS.....		118

Área : Ingeniería Eléctrica

Tema : Consumo de Energía

FECHA DE SUSTENTACIÓN 31 DE DICIEMBRE DE 2018



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Espectro de Radiaciones Electromagnéticas.....	24
Figura N° 2: Descomposición de la luz blanca en el espectro del arco iris.....	26
Figura N° 3: Diagrama cromático de la C.I.E.....	27
Figura N° 4: Flujo Luminoso.....	30
Figura N° 5: Iluminancia	31
Figura N° 6: Intensidad Luminosa.....	31
Figura N° 7: Ángulo plano.....	32
Figura N° 8: Ángulo sólido.....	32
Figura N° 9: Luminancia	34
Figura N° 10: Componentes de la tecnología de iluminación	35
Figura N° 11: Clasificación de las fuentes luminosas	36
Figura N° 12: Partes de una Bombilla	37
Figura N° 13: Partes de Lámpara Halógena	38
Figura N° 14: Partes de Lámpara Fluorescente	38
Figura N° 15: Partes de Lámpara de Mercurio	40
Figura N° 16: Partes de Lámpara de Luz Mixta	40
Figura N° 17: Partes de Lámpara de Halogenuros Metálicos.....	41
Figura N° 18: Partes de Lámpara de Sodio a Baja Presión	43
Figura N° 19: Partes de Lámpara de Sodio Alta Presión.....	43
Figura N° 20: Chip sin tensión aplicada.	49
Figura N° 21: Chip con tensión aplicada.	49
Figura N° 22: Ejemplo de driver.....	53
Figura N° 23: Módulos de LED conectados entre sí.	54
Figura N° 24: Imagen de un LED.	56
Figura N° 25: Componentes principales de un LED.	57



Figura N° 26: Esquema del Sistema de Telegestión para medición de Energía.....	69
Figura N° 27: Arquitectura de un Sistema de Telegestión.	69
Figura N° 28: Área de Concesión de Electro Puno S.A.A.	71



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Apariencia de color y temperatura de color	28
Tabla N° 2: Índice de rendimiento de color.....	29
Tabla N° 3: Tipos de LED.....	52
Tabla N° 4: Tipos de Alumbrado Según la Clasificación Vial.....	59
Tabla N° 5: Tipos de Calzada	61
Tabla N° 6: Niveles de Luminancia, Iluminancia e Índice de Control de Deslumbramiento	61
Tabla N° 7: Cantidad de Luminarias Sistema Eléctrico ELPU.....	72
Tabla N° 8: Cantidad de Luminarias Sistema Eléctrico Puno.....	73
Tabla N° 9: Cantidad de Luminarias Alimentador 102.....	74
Tabla N° 10: Resumen de las características de las Luminarias Convencionales	85
Tabla N° 11: Resumen de las características de las Luminarias LED.....	85
Tabla N° 12: Luminaria de Vapor de Sodio 50W vs Luminaria led 36W.....	86
Tabla N° 13: Luminaria de Vapor de Sodio 70W vs Luminaria led 53W.....	87
Tabla N° 14: Luminaria de Vapor de Sodio 150W vs Luminaria led 102W.....	87
Tabla N° 15: Luminaria de Vapor de Sodio 250W vs Luminaria led 155W.....	88
Tabla N° 16: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 50W vs LED 36W	89
Tabla N° 17: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 70W vs LED de 53W	91
Tabla N° 18: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 150W vs LED 107W	93
Tabla N° 19: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 250W vs LED 150W	94
Tabla N° 20: Potencia Real Luminarias Vapor de Sodio	95
Tabla N° 21: Potencia Instalada Luminarias Vapor de Sodio	96
Tabla N° 22: Energía de Alumbrado Público Estimada Luminarias Vapor de Sodio....	97
Tabla N° 23: Potencia Real Luminarias Led	98
Tabla N° 24: Potencia Instalada Luminarias Led	98



Tabla N° 25: Energía de Alumbrado Público Estimada Luminarias Led.....	99
Tabla N° 26: Consumo de Vapor de Sodio vs Led.....	100
Tabla N° 27: Precio de Luminarias de Vapor de Sodio.....	100
Tabla N° 28: Precio de Equipo Auxiliar	101
Tabla N° 29: Precio de Luminarias LED	101
Tabla N° 30: Costo de Cambio de Lámpara de 50W	101
Tabla N° 31: Costo de Cambio de Lámpara de 70W	102
Tabla N° 32: Costo de Cambio de Lámpara de 150W	103
Tabla N° 33: Costo de Cambio de Lámpara de 250W	104
Tabla N° 34: Resumen de Costos por Mantenimiento	105
Tabla N° 35: Costo de Consumo de Energía Luminarias de Vapor de Sodio	106
Tabla N° 36: Costo de Consumo de Energía Luminarias LED	106
Tabla N° 37: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 50W vs LED 36w ...	107
Tabla N° 38: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 70W vs LED 53W ..	107
Tabla N° 39: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 150W vs LED 107W	108
Tabla N° 40: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 250W vs LED 150W	108
Tabla N° 41: Costo total acumulado de luminarias de vapor de sodio vs led	109
Tabla N° 42: Costos y Beneficios de Proyecto.....	110
Tabla N° 43: Indicadores VAN y TIR	110



ÍNDICE DE ACRONIMOS

ANSI	American National Standards Institute
BNA	Beneficio Neto Actualizado
CFI	Compactos Fluorescentes Integrados
CFNI	Compactos Fluorescentes no Integrados
CIE	Comisión Internacional de Iluminación
CO2	Dióxido de Carbono
CONOBI	Comité de Normalización de Bienes e Insumos
FONAFE	Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado
HID	Alta intensidad de descarga
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IRC	Índice de Rendimiento de Color
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
LED	Light Emitting Diode
MEM	Ministerio de Energía y minas
SSL	Solid State Lighting
TC	Temperatura de color
TIR	Tasa interna de retorno
UV	Ultravioleta
VAN	Valor Actual Neto
VSAP	Vapor de Sodio de Alta Presión



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar el análisis y la comparación del consumo de energía eléctrica utilizando luminarias led y convencionales (luminarias de Vapor de Sodio), para lo cual se tomó como referencia el alimentador 102 del Sistema Eléctrico Puno de la Empresa Electro Puno S.A.A., en el cual se encontró instalado las luminarias de Vapor de Sodio en las siguientes potencias 50W, 70W, 150W y 250W, de acuerdo a esto se comparó las características y potencias equivalentes en luminarias tipo Led, con estas equivalencias, se comparó los resultados de consumo de energía con las cantidades y potencias que existe en dicho alimentador, a su vez el impacto económico tomando en cuenta los precios de las luminarias, los costos de mantenimiento y los costos de energía eléctrica, con lo cual se calculó el ahorro económico con la utilización de luminarias Led y la rentabilidad del proyecto para su implementación. Además, se Identificó las ventajas y desventajas de la utilización de las luminarias Led con las de Vapor de Sodio. Por último, describir la eficiencia energética de la utilización de luminarias de vapor de sodio y las luminarias led de acuerdo a las políticas de uso eficiente de energía que impulsa el Gobierno Peruano.

Palabras Clave: Alumbrado Público, Consumo Energético, Iluminación, Luminaria Led, Luminaria de Vapor de Sodio.



ABSTRACT

The present research aimed to carry out the analysis and comparison of electrical energy consumption using led and conventional luminaires (sodium vapor luminaires), for which the feeder 102 of the Puno Electric System of the Electro Puno S.A.A. Company was taken as reference, in which the Sodium Vapor luminaires were installed in the following powers 50W, 70W, 150W and 250W, according to this, the characteristics and equivalent powers in Led type luminaires were compared, with these equivalences, the results of energy consumption were compared with the quantities and powers that exist in said feeder, in turn the economic impact taking into account the prices of the luminaires, maintenance costs and electricity costs, with which the economic savings with the use of Led luminaires and the profitability of the project for its implementation were calculated. In addition, the advantages and disadvantages of the use of Led lights with Sodium Vapor lights were identified. Finally, describe the energy efficiency of the use of sodium vapor luminaires and LED luminaires according to the policies for efficient use of energy promoted by the Peruvian Government.

Key Words: Public Lighting, Energy Consumption, Lighting, Led Luminaire, Sodium Vapor Luminaire.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El alumbrado público, desde sus primeros inicios a la actualidad tuvo diferentes etapas en los cuales se utilizaron diferentes tipos de tecnologías, cada vez más sofisticados, desde el uso de recursos primarios como el aceite, grasa de animales, kerosene, etc., invención de las bombillas eléctricas, bombillas a gas y en la actualidad el uso de la tecnología LED, el cual es más eficiente y amigable con el medio ambiente.

En la Región de Puno, el servicio de alumbrado público lo brinda la empresa Electro Puno S.A.A., el cual, en beneficio de la población y la mejora de la visibilidad de las avenidas, calles y parques, tiene la responsabilidad de brindar una buena iluminación de acuerdo a las normas vigentes.

En la presente investigación se hizo el análisis del consumo de energía eléctrica utilizando las luminarias convencionales y las luminarias LED, con las mismas características y potencias. En cual se demostró que se tiene un ahorro significativo de energía usando la nueva tecnología. Además de tener mejor iluminación con un menor consumo de energía, cumpliendo las normativas vigentes.

Se realizó la evaluación económica, en el cual se da a conocer que con el uso de las luminarias LED se realicen una menor inversión en costos de mantenimiento y cambio de equipos de alumbrado público, ya que estos tienen un mayor tiempo de vida útil desde el momento de su instalación. Finalmente se concluye que la eficiencia energética que se tiene en la utilización de las luminarias convencionales, así como las luminarias LED, se genera un ahorro, mayor tiempo de vida útil, protección al medio ambiente, calidad de iluminación, ahorro en costos de mantenimiento y la interacción de esta tecnología con sistemas inteligentes.



1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad el consumo de energía por tiempos prolongados genera un mayor consumo en el servicio de alumbrado público, por lo cual al utilizar luminarias convencionales estas presentan un alto consumo de energía, por lo cual la implementación de luminarias tipo led es una alternativa para hacer un uso más eficiente de la energía.

La utilización de luminarias convencionales en la región puno, hace que se tenga un consumo grande de energía eléctrica, y al conocer nuevas tecnologías como son las luminarias tipo led se ahorraría energía, a su vez de no generar efectos contaminantes como los de tecnologías convencionales que se usan en la actualidad.

Además, que los usuarios finales tendrían una menor facturación por alumbrado público, así mismo la empresa distribuidora de energía eléctrica, reduciría los consumos de energía por ende tendría una menor facturación mensual por las empresas generadoras, un menor costo de pago por la utilización de alumbrado público en energía.

Tal problemática me conlleva a plantear las siguientes interrogantes (una general y 3 específicas)

1.1.1 Problema General

¿En qué medida el análisis y la comparación del consumo de energía eléctrica utilizando luminarias tipo led y convencional permitirá determinar cuál es la más eficiente?

1.1.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál será el Impacto Económico que se obtendrá al comparar las Luminarias Convencionales con las de tipo Led?
- b) ¿Cuáles son las Ventajas y Desventajas de utilizar Luminarias tipo Led y Luminarias Convencionales?



- c) ¿Cómo influye el consumo de energía en la Eficiencia Energética utilizando tecnología de Iluminación convencional y led?

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Analizar y Comparar el consumo de Energía eléctrica por Alumbrado Público utilizando Luminarias tipo Led y convencionales, en la Empresa Electro Puno S.A.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Evaluar el impacto económico que se obtendrá al comparar las luminarias convencionales con las luminarias de tipo led.
- b) Identificar las ventajas y desventajas del uso de luminarias tipo led y luminarias convencionales.
- c) Describir la eficiencia energética de las fuentes de iluminación tipo led y convencionales.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En la Pontificia Universidad Católica del Perú, Medrano Arias, Eduardo Alfredo (2010), sustento la tesis denominada: “Rediseño e Implementación de un Sistema de iluminación para Espacios Publicitarios Usando Led”, el propósito es dar a conocer que Los sistemas de iluminación son desarrollos que permiten al hombre visualizar de una mejor forma a los objetos desde un punto de vista artístico y funcional. Estos sistemas tienen un amplio campo de aplicación en nuestra vida diaria. Están referidos al proceso en el cual la iluminación forma parte del diseño del objeto usando dispositivos capaces de satisfacer el tipo, calidad y color de luz que se requiere. Dado que en el Perú los sistemas de iluminación cumplen una gran importancia como elemento que forma parte del diseño de espacios públicos y comerciales, es necesario enfrentar el problema de la iluminación conociendo las características de ella. Por esto se plantea la utilización de una nueva tecnología como el LED (Light Emitting Diode) de potencia en el desarrollo de sistemas de iluminación aprovechando las características que este dispositivo trae. La presente tesis consiste en el rediseño e implementación de un sistema de iluminación aplicado a un display publicitario de una superficie de 25x25cm². Uno de los objetivos es mejorar la iluminación mediante la aplicación de la nueva tecnología, el LED RGB (Red Green Blue) que permite obtener un color determinado, rojo, verde y azul; además de variar su intensidad de brillo. Con el uso de lentes convergentes es posible mezclar los colores primarios para obtener los colores secundarios; amarillos, cian y magenta; y el color blanco. (Medrano Arias, 2010)



En la revista electrónica *Tecnura*, paginas 25-40. Cardozo Méndez, Gerardo Antonio, & Noguera Vega, Luis Antonio. (2015). Realizaron el artículo de título: “Diseño de una Metodología de Evaluación Técnico-Económica de Nuevas Tecnologías para la Iluminación de Espacios Exteriores de uso Peatonal”. Este documento presenta una metodología propuesta de comparación técnico-económica entre luminarias de montaje horizontal para alumbrado público en las tecnologías de vapor de sodio de alta presión (VSAP) y de estado sólido (LED) empleadas en instalaciones de uso peatonal. En primer lugar, se formula un procedimiento propuesto para determinar la equivalencia entre luminarias de ambas tecnologías, y seleccionar luminarias de tecnología LED como remplazo de luminarias de VSAP. Después, se presenta un caso de estudio en el que se aplica este procedimiento a un escenario real que corresponde a un parque público con áreas de recreación pasiva y circulación exclusiva de peatones. La utilidad del procedimiento se valida mediante cálculos fotométricos realizados con información de luminarias disponibles en el mercado local. Finalmente, se desarrolla un análisis económico del eventual remplazo de las luminarias existentes en el escenario del caso de estudio por luminarias LED seleccionadas a partir del procedimiento propuesto en la primera parte. (Antonio & Vega, 2015)

En la revista electrónica *DYNA*, paginas 231-239. Serrano-Tierz, Ana, Martínez-Iturbe, Abelardo, Guarddon-Muñoz, Oscar, & Santolaya-Sáenz, José Luis. (2015). presentan el artículo de título: “Análisis de Ahorro Energético en Iluminación LED Industrial: Un Estudio de Caso”. El presente estudio muestra el ahorro económico y las ventajas medioambientales que supone la iluminación industrial con tecnología LED. Se ha planteado un estudio de caso en el que luminarias de halogenuros metálicos han sido sustituidas por luminarias LED. Para validar la sustitución de luminarias con halogenuros metálicos de 400W por LED de 200W, se han efectuado las simulaciones luminotécnicas



y mediciones de campo mediante luxómetro. Los resultados obtenidos indican que ambas luminarias son equiparables obteniendo un importante ahorro energético cercano al 50%. Esta investigación demuestra que la tecnología LED ofrece soluciones de iluminación de alto rendimiento que optimizan el ahorro energético reduciendo a su vez costes de mantenimiento con un coste total de propiedad significativamente menor, incrementando la esperanza de vida útil de las luminarias. Desde el punto de vista medioambiental supone una importante reducción en emisiones de CO₂ y eliminación de residuos tóxicos como el mercurio. (Serrano Tierz et al., 2015)

En el XIX Simposio peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX SPES), Puno, 14 - 16.11.2012. Fernando osco, Julio Salazar, Victor Nakama, Manfred Horn, presentan el artículo denominado: “Evaluación Experimental de las Características Eléctricas y Fotométricas de Luminarias Leds”, el propósito es dar a conocer el desarrollo tecnológico de las luminarias de diodos emisoras de luz, LEDS, ha sido vertiginoso en los últimos años y ya se puede prever que pronto los LEDS reemplazaran a las otras lámparas eléctricas usadas actualmente, debido a sus ventajas comparativas, en especial su alta eficacia de transformar energía eléctrica en luz visible y en su larga vida útil. Hay actualmente una oferta muy grande de diversas luminarias LEDS, con calidades muy variadas, por lo cual una evaluación en un laboratorio independiente es absolutamente necesaria. Por este motivo en el Laboratorio de Fotometría de la Facultad de Ciencias de la UNI, en Lima, se ha implementado las técnicas experimentales que permiten evaluar LEDS según las normas CIE-127-2007 y IES-LM-79-2008, cuyos resultados se presenta en el presente trabajo. (Oscco et al., 2012)

Además, en la Universidad de Cuenca Ecuador. Giovani Santiago Pulla Galinfo (2013), sustenta la tesis de título: “Evaluación Energética del Alumbrado Público en la Ciudad de Cuenca”, en cual indica que el alumbrado público es un componente primordial en la



economía de un estado y uno de los factores destacados que inciden en el desarrollo productivo y social del país, por lo que no se puede prescindir del mismo, más bien hay que adoptar medidas tendientes a tener sistemas eficientes y que ahorren energía., para lo cual es necesario evaluaciones periódicas del funcionamiento de los mismos, tanto en el ámbito energético como en el de servicio. El presente trabajo tiene como objetivo principal, evaluar la Planificación y Gestión Energética en el alumbrado público de la ciudad de Cuenca, teniendo como variables el consumo de energía, la Potencia de las luminarias, los niveles de iluminación y la eficiencia de las luminarias. (Pulla, 2013)

2.2 LA ILUMINACIÓN ANTES DE LA ELECTRICIDAD

Las primeras disposiciones para contar con alumbrado público fueron dadas durante la época virreinal. Una ordenanza estableció que los “tenderos” y “pulperos”, es decir, los dueños de las tiendas y ventas de comida, debían mantener en la puerta de sus locales una antorcha encendida hasta una hora determinada de la noche.

Posteriormente se introdujeron los candiles de barro llenos de grasa o manteca y, después, los faroles de vela y de aceite. Con ellos llegó la figura del farolero, curioso personaje que se encargaba, escalera al hombro, de encender y apagar estos artefactos.

En la segunda mitad del siglo XVIII, el alumbrado público experimentó un adelanto tecnológico con la llegada del “farol de reverbero”, innovación traída de Francia que usaba aceite como combustible y contaba con un reflector metálico que permitía orientar la luz hacia la calzada.

El siguiente adelanto fue la llegada del gas. En 1855, por iniciativa del empresario don Melchor Charón, se estableció en Lima la Empresa del Gas, la cual tendió tuberías hacia las casas y edificios públicos. La ciudad fue tejida de cañerías que transportaban gas para la iluminación particular y pública. Surgió así también el nuevo oficio de “gasfitero”,



nombre con el que eran conocidos aquellos que se dedicaban a instalar y reparar las tuberías del gas. Caso curioso es que este nombre sobrevivió al gas, heredando el apelativo quienes hoy se ocupan de reparar las tuberías de agua potable.

En 1857, según cifras de Atanasio Fuentes, citado por Santiago Antúnez de Mayolo en su estupendo trabajo *La génesis de los servicios eléctricos de Lima*, existían instaladas en la ciudad 2,203 lámparas de gas, con 5,219 luces en las casas particulares, edificios públicos y calles, en estas últimas a razón de cuatro faroles por cuadra.

Con la llegada del gas también llegó el kerosene. En 1860, el comerciante estadounidense John Dockendorff trajo al país este nuevo combustible que tuvo un repentino éxito en su demanda debido a una carestía del gas³. Sin embargo, al normalizarse el abastecimiento del gas, muchos hogares ya preferían el kerosene para sus lámparas.

De esta forma, la iluminación en la gran mayoría de casas limeñas dependía de velas de cebo, candiles de aceite o lámparas de kerosene. Solamente las casas de los vecinos más pudientes contaban con alumbrado a gas. Este fue el escenario que la electricidad encontró al llegar al país. (Hidalgo, 2007)

2.3 LLEGA LA ELECTRICIDAD AL PERÚ (1886 - 1903)

La electricidad, fenómeno de laboratorio que despertaba la curiosidad de muchos científicos, había sido finalmente perfeccionada por Tomás Alva Edison al encontrarle una aplicación útil y masiva a través de la iluminación. A partir de ese momento, las principales ciudades del mundo comenzarían a instalar plantas de generación y a iluminar sus calles y plazas con las nuevas bombillas eléctricas.

El 15 de mayo de 1886, la empresa *Peruvian Electric Construction and Supply Company* inauguró el alumbrado público eléctrico en la ciudad de Lima, solo cuatro años después de su inauguración en Nueva York. La corriente era generada desde una planta a vapor,



ubicada frente al Parque Neptuno (en la primera cuadra del actual Paseo de la República). El único motor, de 500 caballos de fuerza, era movido gracias a una sola caldera a carbón. Dada la escasa potencia y la ubicación de la planta generadora dentro del perímetro de la ciudad, no se podría considerar una transmisión de alta tensión ni mucho menos una línea de estas características. Apenas una red de cables suspendidos en postes de madera llevaba la corriente hacia la Plaza de Armas, algunos jirones adyacentes y a muy pocas conexiones domiciliarias.

Nota anecdótica es el primer apagón que sufrió la ciudad de Lima. A las 6:45 p.m. del miércoles 17 de noviembre de 1886, cuando la noche empezaba a cubrir la ciudad, una persona trepó a los techos del Palacio de Gobierno, tomó uno de los cables de corriente, tendidos meses antes para las novedosas luces eléctricas que se instalaron en este edificio, y realizó una conexión clandestina con una tubería de gas que pasaba próxima. En pocos minutos esa peligrosa instalación provocó el corte de electricidad en el Palacio, la Plaza y los Portales⁴. Este hecho fue la causa del primer apagón que sufrió nuestra ciudad. (Hidalgo, 2007)

2.4 ALUMBRADO PÚBLICO

Es un servicio público no domiciliario que se presta con el fin de iluminar lugares de libre circulación, que incluyen las vías públicas, los parques y demás espacios que se encuentren a cargo de la empresa concesionaria, con el fin de permitir el desarrollo de actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural. Pero sin duda, el objetivo principal es proporcionar condiciones de iluminación que generen sensación de seguridad a los peatones y una adecuada visibilidad a los conductores de vehículos en zonas con alta circulación peatonal.

2.5 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO

La energía eléctrica es la fuerza vital de la sociedad porque gracias a ella se encienden los electrodomésticos, se puede enfriar los alimentos, se obtiene calefacción y se puede iluminar tanto el hogar como las calles. La energía eléctrica consumida se mide en kilovatios-hora (kWh) y el proveedor de energía cobra una tarifa por cada kWh consumido.

2.6 ILUMINACIÓN

2.6.1 La Luz

La luz es energía en forma de radiación electromagnética de muy alta frecuencia, que el ojo detecta en el rango de longitudes de onda entre 380 nanómetros (color violeta) hasta 770 nanómetros (color rojo), a este rango se le denomina espectro visible.

Las longitudes de onda ligeramente inferiores a la luz visible corresponden a los rayos ultravioleta y las longitudes de onda superiores a la luz visible se conocen como ondas infrarrojas. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2015)

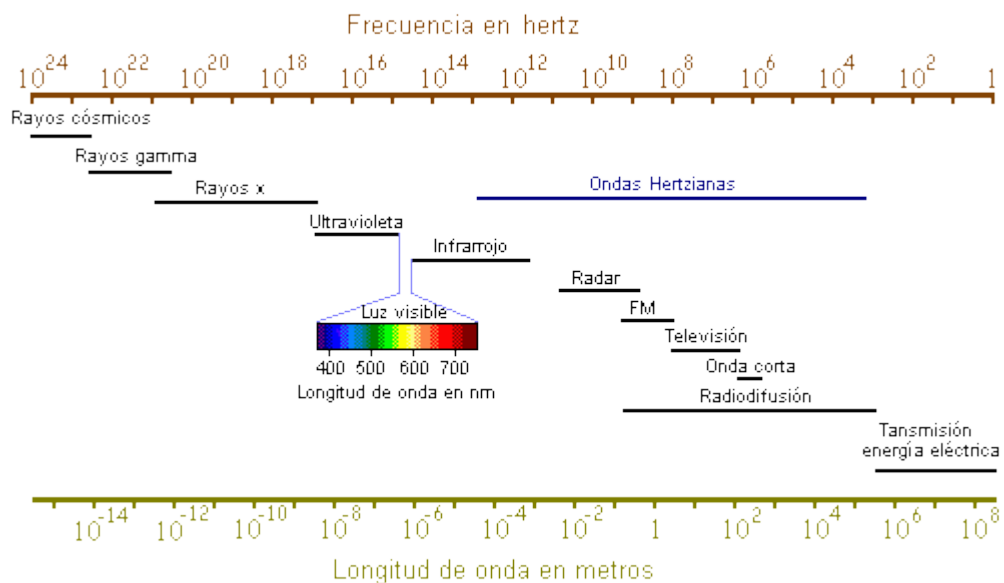


Figura N° 1: Espectro de Radiaciones Electromagnéticas

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)



2.6.2 Color de Luz

El color es una interpretación subjetiva psicofisiológica del espectro electromagnético visible.

Las sensaciones luminosas o imágenes que se producen en nuestra retina, al enviarlas al cerebro, son interpretadas como un conjunto de sensaciones monocromáticas que constituyen el color de la luz.

El sentido de la vista no analiza individualmente cada radiación o sensación cromática. A cada radiación le corresponde una denominación de color, según la clasificación del espectro de frecuencias.

Es importante indicar que distinguimos a los objetos por el color asignado según sus propiedades ópticas, pero en ellos ni se produce ni tienen color. Lo que sí tienen son propiedades ópticas de reflejar, refractar y absorber los colores de la luz que reciben, es decir: el conjunto de sensaciones monocromáticas aditivas que nuestro cerebro interpreta como color de un objeto depende de la composición espectral de la luz con que se ilumina y de las propiedades ópticas que posea el objeto para reflejarla, refractarla o absorberla.

Fue Newton el primero en descubrir la descomposición de la luz blanca en el conjunto de colores que forma el arco iris. Al hacer pasar un haz de luz blanca a través de un prisma obtuvo el efecto que se indica en la figura. (INDALUX, 2002)

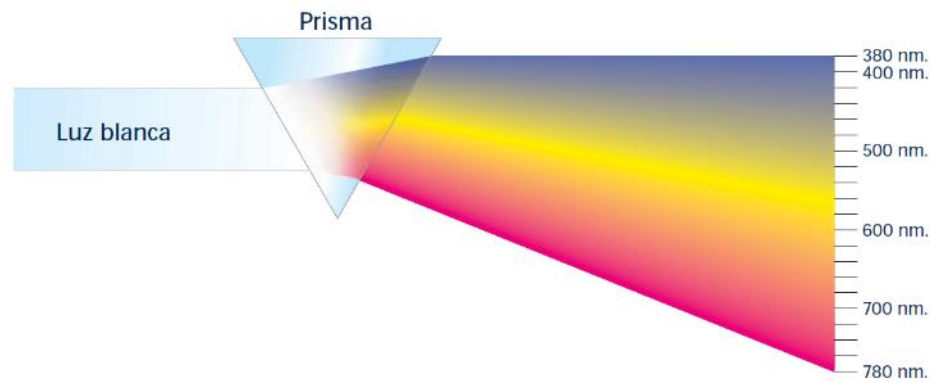


Figura N° 2: Descomposición de la luz blanca en el espectro del arco iris.

Fuente: (INDALUX, 2002)

2.6.3 Clasificación de los Colores según el Diagrama Cromático C.I.E.

La evaluación subjetiva de las superficies de los objetos, tal y como son percibidas por el ojo, se interpretan en función de los atributos o cualidades del color. Éstas son:

- Claridad o esplendor: Radiación luminosa que recibimos según la iluminancia que posea el objeto. Un objeto es más claro cuanto más se aleja su color del negro en la escala de grises. Hace referencia a la intensidad.
- Tono o matiz: Nombre común del color (rojo, amarillo, verde, etc.). Hace referencia a la longitud de onda.
- Pureza o saturación: La proporción en que un color está mezclado con el blanco. Hace referencia a la pureza espectral.

Para evitar la evaluación subjetiva del color existe el diagrama cromático en forma de triángulo, aprobado por la C.I.E., que se emplea para tratar cuantitativamente las fuentes de luz, las superficies coloreadas, las pinturas, los filtros luminosos, etc.

Todos los colores están ordenados según tres coordenadas cromáticas, x , y , z , cuya suma es siempre la unidad ($x + y + z = 1$) y cuando cada una de ellas vale $0,333$ corresponde al color blanco. Estas tres coordenadas se obtienen a partir de las potencias específicas para cada longitud de onda. Se fundamenta en el hecho de que al mezclar tres radiaciones

procedentes de tres fuentes de distinta composición espectral se puede obtener una radiación equivalente a otra de distinto valor. El resultado es el triángulo de la Fig. 3, en el que con dos coordenadas cualesquiera es suficiente para determinar el color de la radiación resultante formada por la mezcla aditiva de tres componentes. (INDALUX, 2002)

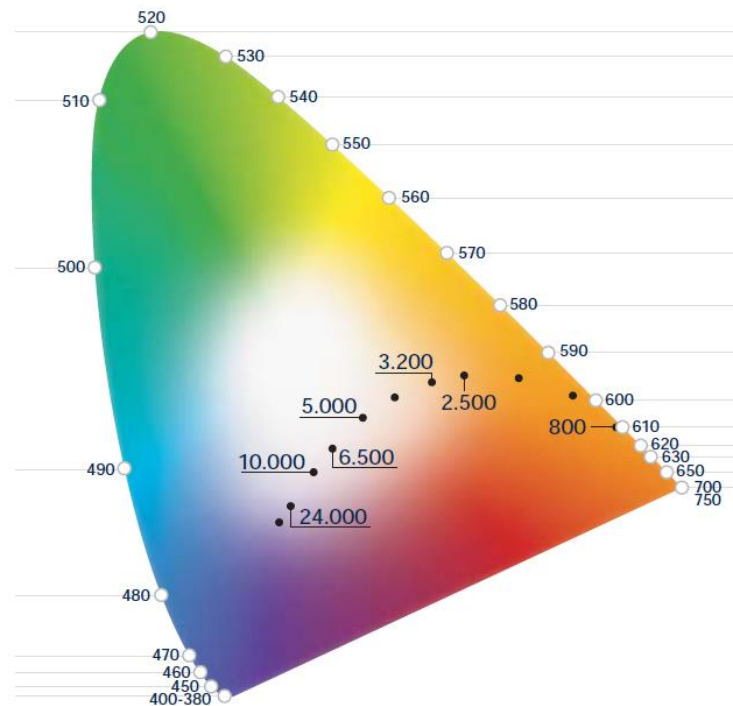


Figura N° 3: Diagrama cromático de la C.I.E.

Fuente: (INDALUX, 2002)

2.6.4 Temperatura de Color (TC)

En el diagrama cromático C.I.E. de la Fig. 2 se ha dibujado la curva que representa el color que emite el cuerpo negro en función de su temperatura. Se llama curva de temperatura de color del cuerpo negro, TC.

La temperatura de color es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente de luz por comparación de ésta con el color del cuerpo negro, o sea del “radiante perfecto teórico” (objeto cuya emisión de luz es debida únicamente a su temperatura). Como cualquier otro cuerpo incandescente, el cuerpo negro cambia de color a medida que



aumenta su temperatura, adquiriendo al principio, el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo y finalmente el blanco, el blanco azulado y el azul.

El color, por ejemplo, de la llama de una vela, es similar al de un cuerpo negro calentado a unos 1.800 K*, y la llama se dice entonces, que tiene una “temperatura de color” de 1.800 K.

Las lámparas incandescentes tienen una temperatura de color comprendida entre los 2.700 y 3.200 K, según el tipo, por lo que su punto de color determinado por las correspondientes coordenadas queda situado prácticamente sobre la curva del cuerpo negro. Esta temperatura no tiene relación alguna con la del filamento incandescente.

Por lo tanto, la temperatura de color no es en realidad una medida de temperatura.

Define sólo color y sólo puede ser aplicada a fuentes de luz que tengan una gran semejanza de color con el cuerpo negro.

La equivalencia práctica entre apariencia de color y temperatura de color, se establece convencionalmente según la siguiente Tabla. (INDALUX, 2002)

Tabla N° 1: Apariencia de color y temperatura de color

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálida	Por debajo de 3.300
2	Intermedio	De 3.300 a 5.300
3	Frío	Por encima de 5.300

Fuente: (INDALUX, 2002)

2.6.5 Índice de Rendimiento de Color (IRC)

El dato de temperatura de color se refiere únicamente al color de la luz, pero no a su composición espectral que resulta decisiva para la reproducción de colores. Así, dos fuentes de luz pueden tener un color muy parecido y poseer al mismo tiempo unas propiedades de reproducción cromática muy diferentes.

El índice de reproducción cromática (IRC), caracteriza la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz. El IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de la luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia. (INDALUX, 2002)

Tabla N° 2: Índice de rendimiento de color

Fuentes Luminosas	Tc (°K)	IRC
Cielo azul	10,000 a 30,000	85 a 100 (grupo 1)
Cielo nublado	7,000	85 a 100 (grupo 1)
Luz solar día	6,000	85 a 100 (grupo 1)
Lámparas descarga (excepto Na)		
Luz día (halogenuros)	6,000	96 a 100 (grupo 1)
Blanco neutral	3,000 a 5,000	70 a 84 (grupo 2)
Blanco cálido	Menos de 3,000	40 a 69 (grupo 3)
Lámpara descarga (Na)	2,900	Menos de 40
Lámpara incandescente	2,100 a 3,200	85 a 100 (grupo 1)
Lámpara fotográfica	3,400	85 a 100 (grupo 1)
Llama de vela o de bujía	1,800	40 a 69 (grupo 3)

Fuente: (INDALUX, 2002)

2.6.6 Flujo Luminoso

El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones. De una forma más precisa, se llama flujo luminoso de una fuente a la energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo.

El flujo luminoso se representa por la letra griega F y su unidad es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor $540 \cdot 10^{12}$ Hz. y por un flujo de energía radiante de $1/683$ W. Un watio de energía radiante de longitud de onda de 555 nm. en el aire equivale a 683 lm aproximadamente. (INDALUX, 2002)



Figura N° 4: Flujo Luminoso
Fuente: (Morente Montserrat, 2018)

2.6.7 Iluminancia

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E, y su unidad es el lux (lx).

La fórmula que expresa la iluminancia es:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (lx = lm/m^2)$$

Se deduce de la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

Según el S.I., el lux se define como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, repartido sobre un metro cuadrado de superficie. (INDALUX, 2002)

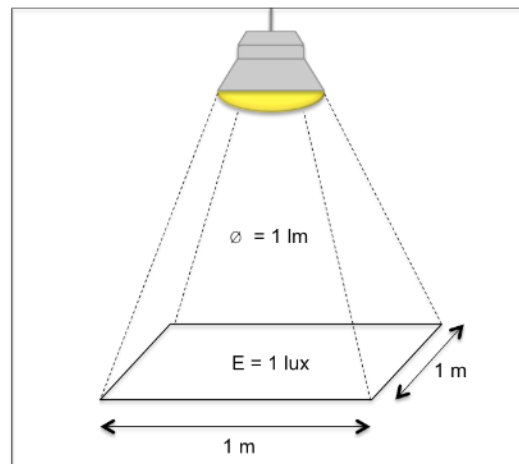


Figura N° 5: Iluminancia

Fuente: (Morente Montserrat, 2018)

2.6.8 Intensidad Luminosa

Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido w .

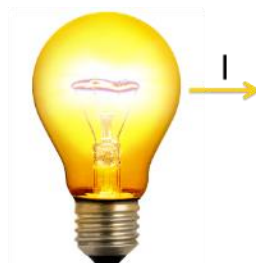


Figura N° 6: Intensidad Luminosa

Fuente: (Morente Montserrat, 2018)

Al igual que a una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes.

El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. (INDALUX, 2002)

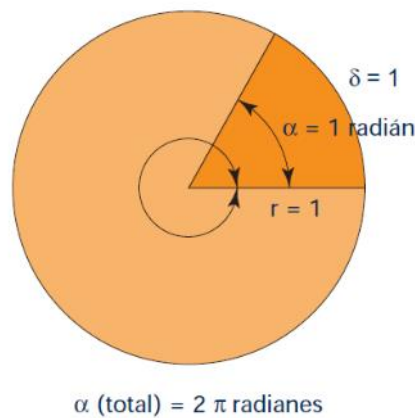


Figura N° 7: Ángulo plano.

Fuente: (INDALUX, 2002)

El estereorradián se define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

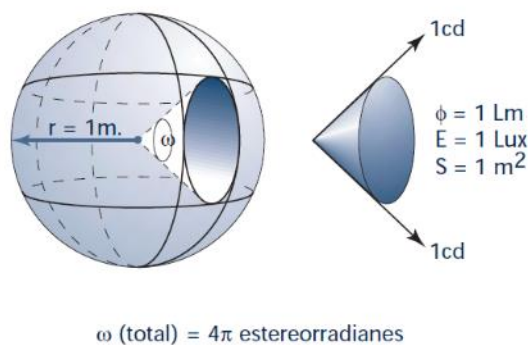


Figura N° 8: Ángulo sólido

Fuente: (INDALUX, 2002)

La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección.



Su símbolo es I, su unidad es la candela (cd), y la fórmula que la expresa:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (lm/sr)$$

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián (sr).

Según el S.I.*, también se define candela como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 vatios por estereorradián. (INDALUX, 2002)

2.6.9 Luminancia

Se llama Luminancia al efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz.

La luminancia mide brillo de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados. Este término ha sustituido a los conceptos de brillo y densidad de iluminación, aunque como concepto nos interesa recordar que el ojo no ve colores sino brillo, como atributo del color. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación (a igual iluminación, diferentes objetos tienen luminancia distinta porque tienen distinto poder de reflexión).

La luminancia de una superficie iluminada es el cociente entre la intensidad luminosa de una fuente de luz, en una dirección, y la superficie de la fuente proyectada según dicha dirección. (INDALUX, 2002)

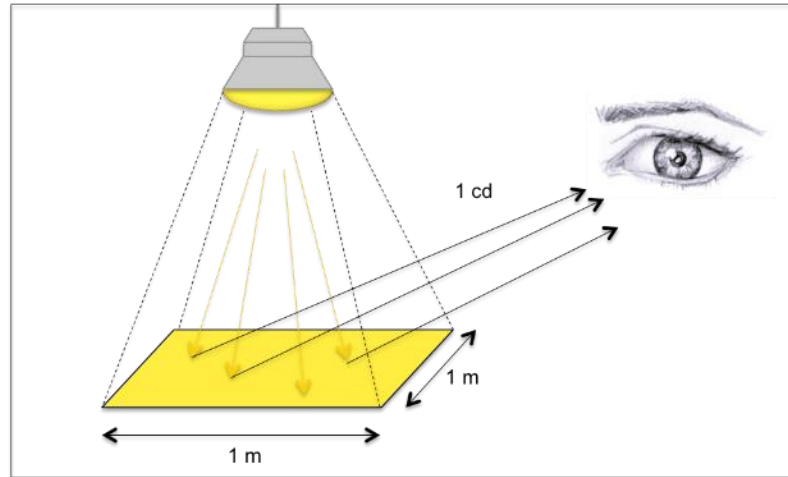


Figura N° 9: Luminancia

Fuente: (Morente Montserrat, 2018)

El área proyectada es la vista por el observador en la dirección de observación. Se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa.

Se representa por la letra L, siendo su unidad la candela/metro cuadrado llamada “nit (nt)”, con un submúltiplo, la candela/centímetro cuadrado o “stilb”, empleada para fuentes con elevadas luminancias.

$$1nt = \frac{1cd}{1m^2} ; \quad 1stilb = \frac{1cd}{1cm^2}$$

La fórmula que la expresa es la siguiente:

$$L = \frac{1}{S \cdot \cos\beta}$$

donde:

$S \cdot \cos\beta$ = Superficie aparente.

La luminancia es independiente de la distancia de observación. (INDALUX, 2002)

2.6.10 Eficiencia Luminosa

El rendimiento luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por la letra griega ϵ , siendo su unidad el lumen/watio (lm/W).

La fórmula que expresa la eficacia luminosa es:

$$\epsilon = \frac{\Phi}{P} \quad (lm/W)$$

Si se lograra fabricar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz a una longitud de onda de 555 nm., esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible, cuyo valor sería 683 lm/W. (INDALUX, 2002)

2.7 TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN

Para la iluminación de áreas y superficies de trabajo es necesario que interactúen los componentes de los Sistemas de Iluminación y los respectivos Controles de los Sistemas de Iluminación, que se muestran en la Figura 10. (Saavedra et al., 2017)



Figura N° 10: Componentes de la tecnología de iluminación

Fuente: (Saavedra et al., 2017)

2.7.1 Sistemas de Iluminación

En la siguiente figura se muestran las diferentes fuentes de iluminación:

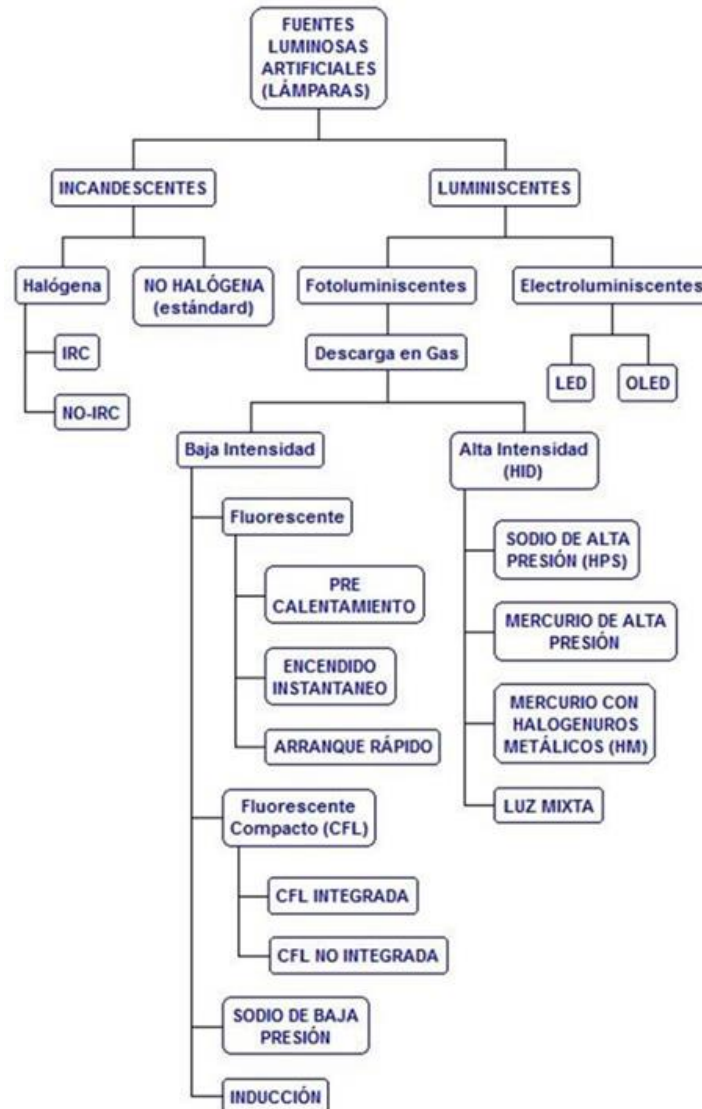


Figura N° 11: Clasificación de las fuentes luminosas

Fuente: (Saavedra et al., 2017)

2.7.1.1 INCANDESCENTES

Son Lámparas cuya luz es generada al pasar la corriente eléctrica por un filamento de tungsteno, hasta alcanzar una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles. Para evitar que el filamento haga combustión, se cubre con una ampolla de vidrio sellada al vacío o rellena con gas. En general, el rendimiento de este tipo de bombillo es bajo

puesto que la mayor parte de la energía se convierte en calor. Su ventaja es que garantiza la reproducción de los colores de los objetos iluminados. (Ereú, 2004)

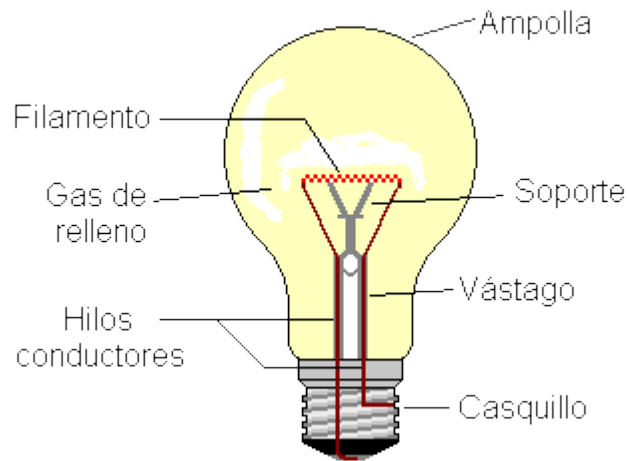


Figura N° 12: Partes de una Bombilla

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)

2.7.1.2 HALÓGENOS

Funcionan bajo el mismo principio de las lámparas incandescentes, pero en este caso la ampolla posee un componente halógeno agregado al gas, que trabaja como elemento regenerativo. Este bombillo alcanza altas temperaturas y puede venir con casquillo de rosca (con o sin reflector) o casquillo bi-pin (lineal o con reflector). Vienen para ser conectados directamente a la red de 120 V/220V y con tensiones bajas de 12 V AC, utilizando transformador reductor de 120V a 12v AC. (Ereú, 2004)

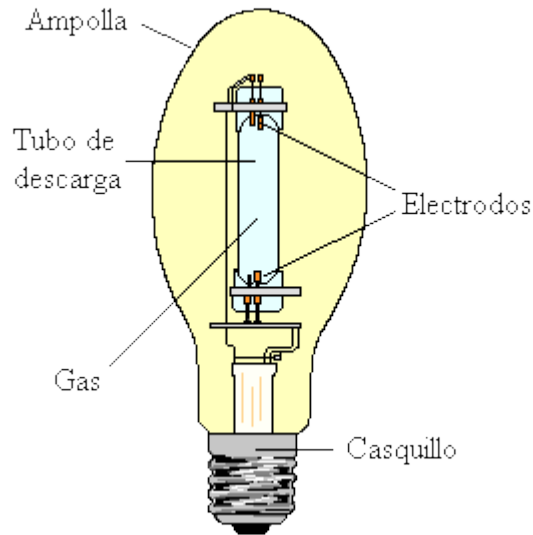


Figura N° 13: Partes de Lámpara Halógena
Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)

2.7.1.3 FLUORESCENTES

Son tubos de vapor de mercurio a baja presión, donde predominan las radiaciones ultravioletas. Las paredes interiores del tubo se recubren con polvos fluorescentes que convierten los rayos UV en radiaciones visibles. En la actualidad se utilizan 2 tipos de polvos, los trifósforos y los que producen espectro continuo. Este tipo de lámpara utiliza un balasto (Inductancia) y el cebador para Iniciar la descarga eléctrica para su encendido. (Ereú, 2004)

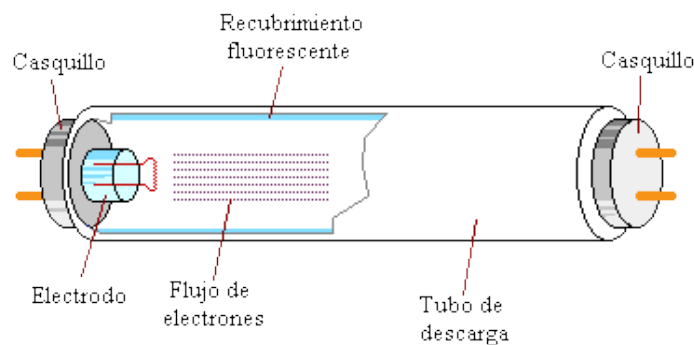


Figura N° 14: Partes de Lámpara Fluorescente
Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)



2.7.1.4 COMPACTOS FLUORESCENTES

Estos bombillos reúnen las cualidades de los tubos fluorescentes en las dimensiones de un bombillo Incandescente. Poseen además buenas características de reproducción de color y bajo consumo de energía, con un rango considerable de vida útil. Algunos vienen para ser conectados directamente a la red, para lo cual poseen casquillo E-27 y se denominan compactos fluorescentes integrados (CFI). Los que vienen con balasto se denominan compactos fluorescentes no integrados (CFNI). (Ereú, 2004)

2.7.1.5 MERCURIO

La luz emitida por esta lámpara es de color azul verdoso, característico de la alta presión. Su eficiencia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia. Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales, el cual ioniza el contenido de la cápsula facilitando la descarga y por consiguiente el encendido de la lámpara. Este proceso tiene una duración aproximada de 4 minutos, durante el cual la lámpara va pasando del tono violeta al blanco azulado, a medida que va encendiendo. Se necesitan equipos auxiliares tales como un balasto (Inductancia) para regular la corriente de encendido y evitar la ruptura de la cápsula de cuarzo, además de un condensador para mejorar su factor de potencia. (Ereú, 2004)

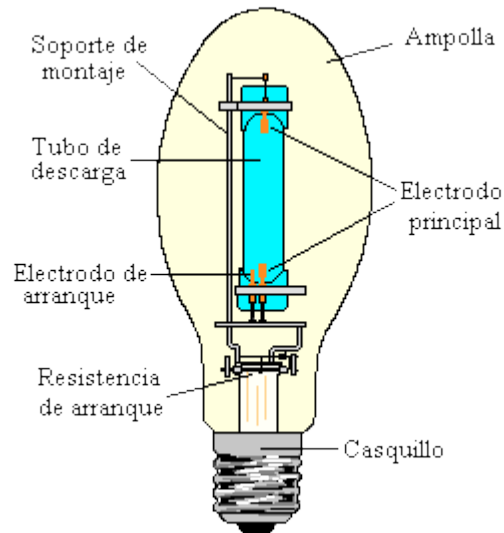


Figura N° 15: Partes de Lámpara de Mercurio

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)

2.7.1.6 LUZ MIXTA

Es una combinación de bombillo de mercurio con bombillo incandescente. La vida útil de este tipo de bombillo viene limitada por el filamento. Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balasto, ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. (Ereú, 2004)

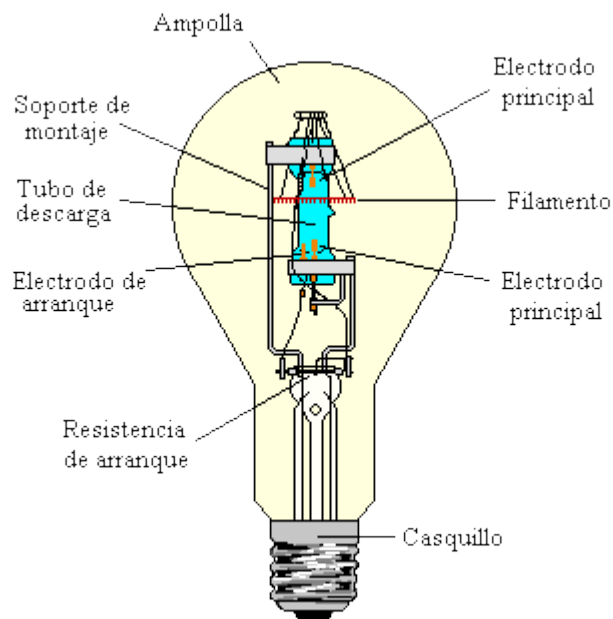


Figura N° 16: Partes de Lámpara de Luz Mixta

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)

2.7.1.7 LÁMPARA DE ADITIVOS Y HALOGENUROS METÁLICOS

Estas lámparas son básicamente lámparas de vapor de mercurio a alta presión a las que se les han añadidos otros metales. Corresponde a la familia de las lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D) y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buena reproducción de color y buen mantenimiento de lúmenes. Actualmente se fabrican dos tipos de lámparas: Lámparas de Aditivos Metálicos fabricadas en América del Norte y Lámparas de Halogenuros Metálicos construidas por empresas europeas.

La lámpara de aditivos metálicos tiene un tubo de descarga de cuarzo, ligeramente menor que el correspondiente a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. El tubo de arco contiene gas argón y mercurio, más yoduro de torio, sodio y escandio. El principio y funcionamiento es similar a las lámparas de mercurio, utilizando un balasto en serie para su arranque. Hay algunas lámparas de aditivos que para su arranque necesitan de un dispositivo como el ignitor o arrancador. (Ereú, 2004)

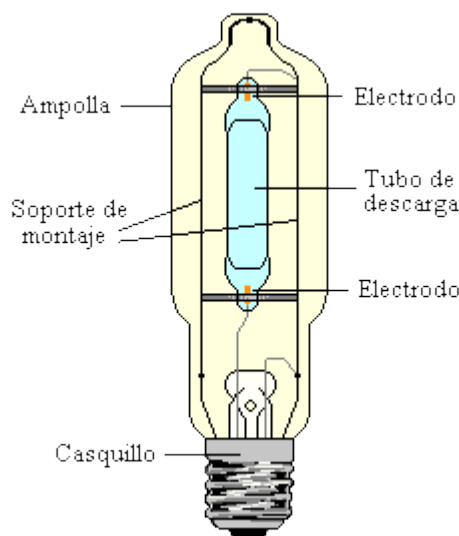


Figura N° 17: Partes de Lámpara de Halogenuros Metálicos

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)



Las lámparas de Halogenuros Metálicos en sí, son lámparas de mercurio a alta presión que contienen halogenuros de las tierras raras, Dysprosio (Dy), Holmio (Ho) y Tulio (Tm), consiguiéndose así un rendimiento luminoso más elevado y mejores propiedades de reproducción cromática que las mismas lámparas de vapor de mercurio y las de aditivos metálicos estudiadas anteriormente. Para su funcionamiento utilizan balasto, ignitor y condensador. Cabe destacar que es muy importante que el fabricante especifique la posición óptima de operación de la lámpara para su buen funcionamiento. (Ereú, 2004)

2.7.1.8 SODIO A BAJA PRESIÓN

El tubo de descarga de una lámpara de sodio de baja presión es en forma de U y está contenido en una cubierta exterior de vidrio tubular vacío, con capa de óxido de indio en la superficie interna. El vacío, junto con la capa, la cual actúa como un reflector selectivo de infrarrojo, ayuda a mantener la pared del tubo de descarga a una temperatura de trabajo adecuada (269 °C). Estas medidas son necesarias para que el sodio, que cuando se condensa se deposita en hendiduras del vidrio, se evapore con una pérdida mínima de calor; con esto se logra la mayor eficiencia luminosa posible. Los balastos adecuados para lámparas de sodio a baja presión, se pueden agrupar, convenientemente, en dos tipos: (Ereú, 2004)

- ✓ Balasto reactor. con o sin ignitor separado.
- ✓ Balasto transformador de vatiaje constante. con ignitor separado.

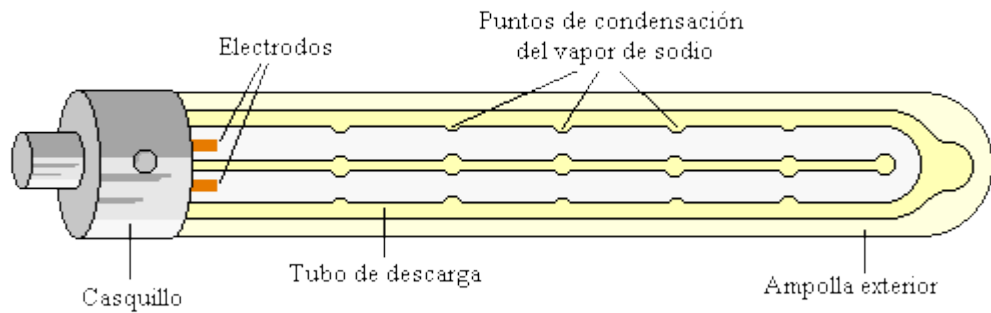


Figura N° 18: Partes de Lámpara de Sodio a Baja Presión

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)

2.7.1.9 VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN

Estos bombillos contienen un exceso de sodio en comparación con los de baja presión. Poseen además mercurio y xenón para facilitar el encendido y limitar la conducción de calor del arco de descarga a las paredes del tubo de descarga. Este tipo de bombillo abarca casi todo el espectro visible y es ampliamente usado en iluminación de exteriores por su capacidad de acentuar los elementos iluminados. Utiliza equipos auxiliares para su encendido tales como la inductancia para estabilizar la corriente, el arrancador o ignitor para el arranque que le suministra un pico de alto voltaje entre 2,5 Kv a 5 Kv en un tiempo muy pequeño en μs y un condensador para mejorar su factor de potencia. (Ereú, 2004)

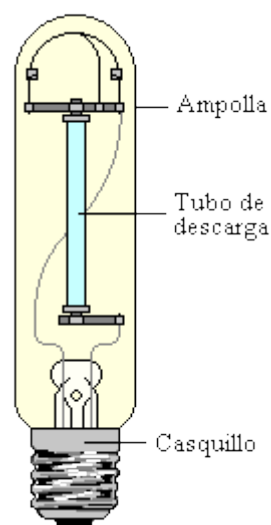


Figura N° 19: Partes de Lámpara de Sodio Alta Presión

Fuente: (García Fernández & Boix Aragonès, 2004)



Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que el balasto pueda sostener, y cuando esto sucede, la lámpara arrancará calentándose hasta lograr su completa brillantez para luego extinguirse. Esto se le llama voltaje de extinción de la lámpara de sodio de alta presión y solamente a este tipo de lámpara le sucede este fenómeno. Cuando esta secuencia de operación se repite regularmente, se dice que esta cicleando, y es característica de cuando la lámpara ha llegado al final de su vida útil. Se ha determinado experimentalmente que el voltaje de operación de estas lámparas aumenta en 1,5V por cada 1000 horas de funcionamiento. (Ereú, 2004)

2.7.2 Equipos Auxiliares

Los dispositivos que conforman el equipo de encendido de una lámpara de descarga de alta intensidad (H.I.D) son los siguientes:

- ✓ Balastos
- ✓ Arrancador (Ignitor)
- ✓ Condensadores

Daremos una breve descripción del funcionamiento y sus principales características. (Ereú, 2004)

2.7.2.1 BALASTOS

Ningún bombillo de descarga podría funcionar correctamente si se conectara directamente al voltaje de alimentación. Todos requieren de algún sistema auxiliar para funcionar apropiadamente, ya sea incorporado en el mismo bombillo como en el caso de la luz mixta, o con el dispositivo externo denominado comúnmente Balasto. Las normativas aplicadas para el diseño y control de calidad son las IEC 922 y 923 (Europeas) y las ANSI C.82 (Americanas). (Ereú, 2004)



Funciones principales:

- ✓ Limitar y estabilizar la corriente de lámpara. lo cual es vital en vista de la característica de resistencia negativa que tienen los bombillos HID.
- ✓ Asegura que la lámpara continúe funcionando, aun cuando dos veces durante cada ciclo de la fuente de alimentación el voltaje es cero
- ✓ Provee el voltaje de ignición (superior al voltaje de operación normal) durante el arranque inicial. (Ereú, 2004)

Características importantes:

- ✓ Buena disipación de calor
- ✓ Bajas pérdidas
- ✓ Razonable factor de potencia
- ✓ Bajo nivel de ruido
- ✓ Larga vida útil
- ✓ Buena protección contra el polvo. la humedad y la corrosión. (Ereú, 2004)

2.7.2.2 IGNITORES O ARRANCADOR

Funciones principales:

En realidad, la única función del ignitor es generar el pico de voltaje adecuado para encender cada tipo particular de bombillo HID (2,5 Kv a 5 Kv). Esto significa que la amplitud, la repetición, la forma y la cantidad de energía de cada pulso deben ser los adecuados para garantizar a cada tipo de bombillo una ignición satisfactoria. Los parámetros eléctricos a determinar del arrancador se expresan en las normativas de las lámparas IEC 662, IEC 926 - 927 y la ANSI C.78 1351 al 1356. (Ereú, 2004)

Características importantes:



- ✓ Son equipos electrónicos por lo que no deben operar a temperatura superiores a 80·C.
- ✓ Una vez que el bombillo enciende el ignitor se desconecta.
- ✓ En caso de que el bombillo no encienda el ignitor continúa operando Indefinidamente. (Ereú, 2004)

2.7.2.3 CONDENSADORES

Funciones principales:

La función principal de los condensadores es el aumentar el factor de potencia del circuito a un valor que en general es 0.85. Se conectan en paralelo con el circuito de entrada de la lámpara. Las normativas para el diseño o control de calidad vienen expresadas bajo la norma IEC 1048 Y 1049.

Características importantes:

Si se requiere más de un condensador, la capacitancia total será la suma de las individuales al conectarlos en paralelo. Si el fabricante no especifica la temperatura máxima de operación debe ser de 90 C. (Ereú, 2004)

2.8 TECNOLOGÍA LED

2.8.1 LED

Un LED (Light Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz casi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica.

Es básicamente un semiconductor unido a dos terminales (ánodo y cátodo) que cuando circula corriente eléctrica produce un efecto llamado electroluminiscencia, fenómeno que transforma la energía eléctrica en radiación visible. Por tanto, son fuentes de luz en estado



sólido, es decir, sin filamento o gas inerte que lo rodee, ni capsula de vidrio que lo recubra como las tecnologías tradicionales.

La invención del LED data de 1956 y las primeras aplicaciones industriales comienzan en 1970. Debido a su baja eficacia luminosa en un principio eran escasas sus aplicaciones, utilizándose en los electrodomésticos, en la electrónica de entretenimiento y en la industria automovilística, después de largas investigaciones se ha conseguido que su eficacia sea superior.

Los nuevos diodos que emiten luz son semiconductores compuestos, que convierten la energía eléctrica en luz. Con un tamaño de pocos milímetros ofrecen decisivas ventajas gracias a su avanzada tecnología, que los convierten en una alternativa real a las lámparas en muchas aplicaciones.

Un diodo emisor está compuesto por varias capas de material semiconductor. Cuando se aplica tensión eléctrica en el sentido del conductor se origina una fuerte corriente, generándose luz en una fina capa, llamada capa activa. El LED emite luz casi monocromática, que depende de los materiales utilizados. Dos combinaciones de materiales, InGaAIP e InGaNg son empleados para producir LED de alta luminosidad en todos los colores del azul al rojo. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

Los LED tienen diversas características como:

- ✓ Eficacia luminosa cuya evolución los sitúa actualmente en 100 lm/W y la tendencia es seguir creciendo hasta posiblemente alcanzar los 200-230 lm/W en 10 años.



- ✓ Alta eficacia de color conseguida en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y blanco, y además con buena reproducción cromática (Según el texto se denomina también Índice de Reproducción Cromática o IRC), $R_a = 80$.
- ✓ Larga vida útil que oscila entre 50.000 y 100.000 horas. lo que significa que su funcionamiento es altamente fiable.
- ✓ Resistencia a golpes y vibraciones dado que sus componentes son muy compactos, pudiendo trabajar en condiciones mecánicas adversas. Sin radiaciones perjudiciales ya que emiten prácticamente luz visible, evitando la radiación ultravioleta y sin apenas radiación infrarroja.
- ✓ Selección del blanco binning: es un perfeccionamiento de la clasificación ya existente de grupos de colores. Dentro de cada grupo, se hacen subgrupos más pequeños, con como máximo 3 pasos de Mac. Adams. Entre LED pertenecientes a los subgrupos que contengan sólo 1 paso de Mac Adams no se apreciará ninguna diferencia visible. Y en los subgrupos que contengan 2-3 pasos es difícil que se aprecien.
- ✓ De esta forma, se monta en cada módulo LED perteneciente a un mismo subgrupo para no apreciar variaciones en la temperatura de color. El rango de temperaturas, por ejemplo $\pm 300^\circ\text{K}$, no proporciona ningún dato sobre homogeneidad. (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.2 Conocimientos básicos sobre la Tecnología LED

Los diodos emisores de luz están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. Con solo unos pocos milímetros de longitud. los LED son una alternativa muy válida a las fuentes de luz convencionales en muchas áreas de la iluminación general y están abiertos también a oportunidades y perspectivas,

en otras áreas de aplicación. Un LED (light emitting diode) está formado por varias capas de material semiconductor.

Si el diodo trabaja en sentido conductor, se genera luz en una de estas finas capas, capa activa. Contrariamente a las lámparas Incandescentes, que producen un espectro continuo. Un LED emite luz casi monocromática. El color del LED depende de la mezcla de materiales semiconductores empleados.

Cuando se dota de energía el chip, aplicando tensión, emite luz visible cuyo color depende de la composición química del chip. Así la luz puede concentrarse o dispersarse usando lentes o difusores. Dado que la mayoría de los LED funcionan con corriente continua, deben contar con una fuente de alimentación como transformada. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

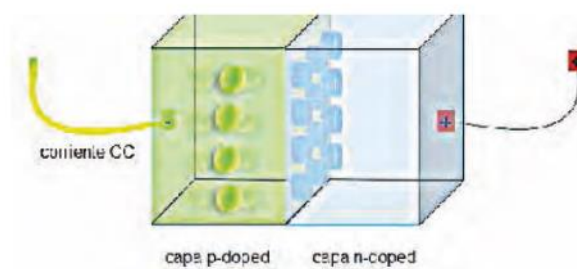


Figura N° 20: Chip sin tensión aplicada.

Fuente: (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

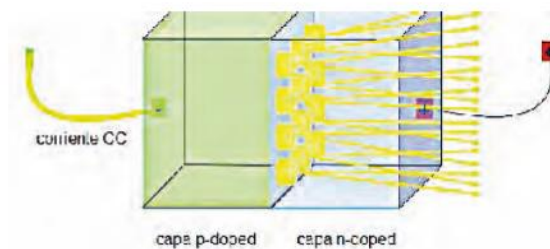


Figura N° 21: Chip con tensión aplicada.

Fuente: (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)



Para producir luz blanca. la luz generada por un LED azul se hace pasar a través de un recubrimiento fosforescente que la transforma en luz amarilla. La concentración de esta sustancia fluorescente puede ajustarse. de modo que la luz azul primaria emitida por el diodo se mezcla con la luz amarilla de la sustancia fosforescente. para producir finalmente la luz blanca. El valor 12, resultante está en torno a 80.

La vida de un LED no termina de forma completa, como en el caso de lamparas incandescentes, sino que el flujo va depreciándose. Se suele considerar el final de vida de un LED cuando su flujo luminoso es del 50% de su valor inicial.

La eficacia luminosa de los LED sigue evolucionando de forma imparable, por ejemplo. ahora la eficacia luminosa de LED es el doble que hace dos años. La cantidad de luz generada por un LED, depende de su color. diseño y temperatura.

En comparación con fuentes de luz tradicionales, la eficacia luminosa de los LED blancos ya ha superado a la mayoría de las tecnologías tradicionales, y su potencia todavía es inferior. La rápida evolución y desarrollo de la eficacia luminosa de la tecnología LED de alta potencia. permitirá. en ciertas aplicaciones, la sustitución de fuentes de luz convencionales. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.3 Tipos de LED

2.8.3.1 Sistemas de Alumbrado LED

Los sistemas de alumbrado LED están constituidos por distintos dispositivos (luminarias, LED, drivers y sus correspondientes circuitos), que componen el producto final a instalar y que. por consiguiente, son los que demuestran las ventajas que ofrece la tecnología LED, en relación a otras técnicas convencionales de iluminación.



De hecho, un sistema de alumbrado LED mal diseñado en alguno de sus componentes o dispositivos, puede fomentar la idea de que la tecnología LED todavía no está preparada para sustituir a las técnicas tradicionales. lo cual no se ajusta a la realidad.

Antes de proseguir, se considera conveniente aclarar el concepto de sistema de alumbrado LED, que puede definirse como aquel que incorpore la tecnología LED necesaria para obtener una luminaria, que integre una fuente de luz LED con todos los dispositivos precisos para el funcionamiento y protección de los distintos componentes y, que, además, disponga de todos los circuitos auxiliares indispensables. así como de una correcta conexión con la red de alimentación eléctrica.

Un sistema de alumbrado LED está compuesto por varios dispositivos como luminaria. fuente de luz (lámparas, tiras o módulos LED). equipo de alimentación (driver), que deben ajustarse a las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

Como los sistemas de alumbrado LED no facilitan las mismas prestaciones que los propios diodos LED de forma individual o independiente, el fabricante debe suministrar datos concretos, precisos y fiables sobre las características luminotécnicas, térmicas, eléctricos y de seguridad, con la finalidad de que su producto quede totalmente caracterizado. (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.3.2 TIPOS DE LED


En el campo de la iluminación se disponen de diferentes tecnologías para con seguir una fuente de luz, tradicionalmente se clasificaban por lámparas incandescentes y lámparas de descarga, que agrupaban el mayor porcentaje de las fuentes de luz, aun cuando, con un nicho más reducido, también se encuentran las lámparas de inducción.

Con los LED aparece un nuevo principio de generación de luz producida desde dispositivos en estado sólido, del acrónimo en inglés SSL (Solid State Lighting). Irrumpe

una nueva tecnología para la generación de luz, que está avanzando de forma exponencial y, aunque aún todavía no cubre la sustitución de todas las tecnologías y fuentes de luz, sí que apunta a sustituir la gran mayoría de ellas a medio y largo plazo, ya sea a través de lámparas de sustitución directa, conocidas como lámparas retrofit, hasta la reposición completa de luminaria y punto de luz en un solo elemento.

Básicamente existen tres tipos de LED, para aplicaciones específicas y con características particulares para cada una de ellas. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

Tabla N° 3: Tipos de LED.

LED de 3 mm y 5 mm	
	Señales publicitarias, indicadores, retroiluminación, (frigorífico, TV, etc.)
	Voltaje constante (conexión en paralelo)
LED SMD (Surface mount 11D)	
	Zona inferior de armarios, pasos de peatones, luz decorativa.
	Voltaje constante 12 V/ 24 V (conexión en paralelo).
	Temperatura baja (sin reductor de calor).
LED de alta potencia (LED >1 W):	
	Efectos de iluminación con lente, idóneos para una variedad de aplicaciones.
	Voltaje constante 350 mA/ 700 mA (conexión en serie).
	Última tecnología disponible en el mercado.

Fuente: (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.4 Drivers y control de Alumbrado

2.8.4.1 Fuente de Alimentación o Driver

Un LED no se conecta directamente a la corriente, sino que necesita una fuente de alimentación o driver, que se ocupa de transformar la tensión que recibe de la red eléctrica adaptándola a las necesidades de la luminaria LED.

Es de señalar que los LED trabajan con corriente continua y, por lo tanto, si se quiere que funcionen en una instalación de corriente alterna (la existente en los edificios y en la mayoría de las instalaciones), necesita de un controlador o fuente de alimentación (driver) que convierta la corriente alterna en continua y adapte el voltaje (tensión) de salida a las necesidades del LED.



Figura N° 22: Ejemplo de driver.

Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2015)

Los LED debido a su baja impedancia actúan a una tensión de corriente baja, por lo que a una tensión elevada no solo no funcionarían, sino que se quemarían, ya que la corriente de salida de una instalación eléctrica supera con creces los miliamperios que necesita un LED para emitir luz. El driver es el dispositivo encargado de rebajar la intensidad sin desperdiciar energía, manteniendo la tensión constante y atenuando la generación de calor.

Los LED son muy sensibles a las alteraciones de corriente, por lo que se precisa que el driver estabilice la tensión, lo que a su vez estabilizará el flujo luminoso emitido por los LED (intensidad y color) y la temperatura de los mismos, dada la importancia de la disipación del calor para optimizar la vida útil de los LED. Por tanto, el driver es esencial dado que de él depende en gran medida el aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida por los LED. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.4.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE CONSTANTE

El driver suministra una corriente constante que fluye a través del módulo LED, haciendo que la luminosidad de todos ellos sea la misma. La tensión en la salida vendrá fijada por el número de LED conectados.



Figura N° 23: Módulos de LED conectados entre sí.

Fuente: Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid (2015)

Los LED estarán conduciendo el 100% del tiempo y a través de ellos fluirá la misma intensidad de corriente, produciendo, como se ha señalado anteriormente, la misma luminosidad en todos ellos.

El driver permite la conversión de energía desde la red a la forma requerida por la carga, de la manera más eficiente posible. La energía que se entrega a la carga siempre es menor que la demandada a la red, debido a las pérdidas que se originan en cualquier dispositivo de este tipo y que se convierten en calor.



Conseguir que esta pérdida de energía sea la menor posible es la meta de todo fabricante de drivers, es decir, acercarse lo más posible a un 100% de eficiencia.

Una fuente de alimentación o driver puede estar disertado con una o varias etapas intermedias. El número de éstas determinará las prestaciones del equipo. eficiencia, rizado de la corriente en la salida, factor de potencia, etc. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.4.3 CIRCUITO ELÉCTRICO Y GESTIÓN TÉRMICA

En los módulos LED alimentados en corriente constante el conexionado eléctrico interno se basa en la concatenación de los LED en serie formando una rama, de modo que la conexión en paralelo de varias ramas configura finalmente el módulo LED.

Cada tipo de LED posee una corriente típica de funcionamiento, determinada por el fabricante para asegurar:

- ✓ Alargar su vida útil, ya que la temperatura del LED es más baja cuanto menor es la corriente que lo atraviesa.
- ✓ Obtener el flujo luminoso y el color deseados, dado que si se alimenta a una corriente diferente estos dos parámetros se verán modificados.

Para una correcta utilización de los módulos LED, es necesario prestar especial atención a los resultados térmicos de la luminaria.

Una buena gestión térmica basada es un correcto diseño del módulo y de una adecuada disposición y montaje en la luminaria, permite alcanzar la máxima fiabilidad y óptimo funcionamiento.

Singularmente, la temperatura ambiente tiene una influencia directa en la eficacia del sistema LED y la vida media de los módulos, incluso puede incidir directamente sobre la temperatura de color y apariencia de la luz emitida.

La temperatura de los módulos LED depende básicamente de:

- ✓ La temperatura de funcionamiento del propio diodo LED. (T) o temperatura de la unión, que será más alta a medida que la intensidad eléctrica que lo atraviesa se acerque al valor máximo admitido por el módulo.
- ✓ La temperatura ambiente (T) que rodea el módulo LED.
- ✓ La disposición térmica entre el módulo LED y la luminaria o el apoyo dentro de ella. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

2.8.5 Alumbrado Exterior LED

La aparición del LED de alta emisión lumínica como una nueva fuente luminosa, ha provocado una revolución en el mundo del alumbrado. Primero acaparó todas las aplicaciones del alumbrado interior cubriendo las distintas necesidades posibles, y a continuación según evoluciona en eficiencia o eficacia luminosa, está apropiándose de todas las aplicaciones para el alumbrado exterior, hasta tal punto, que hoy es la primera opción a barajar a la hora de realizar un proyecto lumínico de alumbrado exterior.

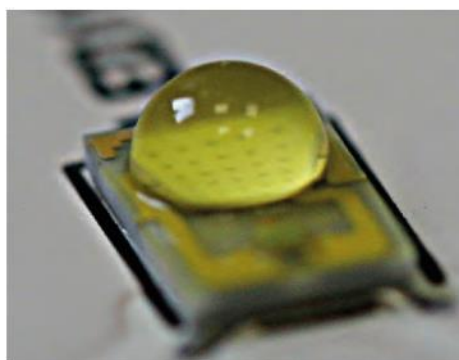


Figura N° 24: Imagen de un LED.

Fuente: (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

El LED es una fuente luminosa en estado sólido, que utiliza un semiconductor sometido a una diferencia de potencial con el objeto de generar energía, esta energía se desprende de dos maneras: la primera y más importante es en forma de luz, aprovechable en su totalidad para el ojo humano, ya que su emisión está comprendida dentro del espectro visible, entre los infrarrojos y los ultravioletas, de esta manera, no se desperdicia energía en su transformación a luz que no sea visible para los ojos del hombre.

La otra forma de liberar la energía del LED al someterlo a una diferencia de potencial, es el calor, este es un aspecto crítico, ya que habrá que tratarlo de manera muy adecuada, liberándolo lo antes posible del propio LED, para que no afecte a su rendimiento y a su funcionamiento a lo largo de la vida del propio LED, e incluso al acortamiento de la misma. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

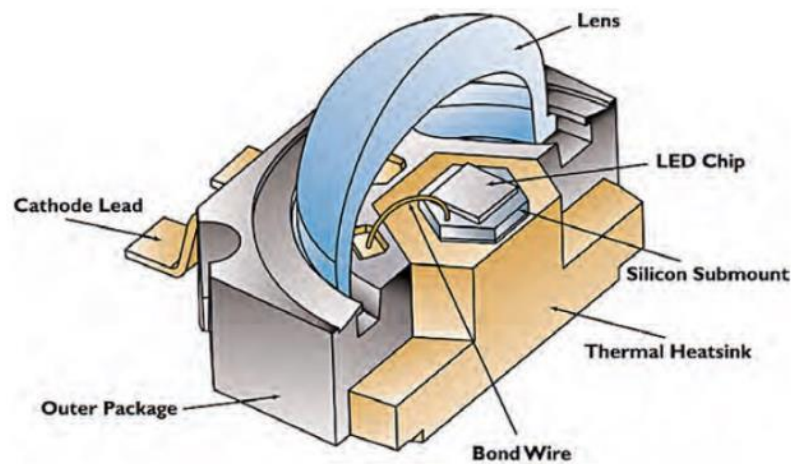


Figura N° 25: Componentes principales de un LED.

Fuente: (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)

Si se piensa en sus aplicaciones en alumbrado exterior, esta fuente luminosa ofrece multitud de ventajas frente a otras fuentes luminosas utilizadas hasta ahora, principalmente debido a su concepto de funcionamiento, su durabilidad y su eficiencia. (Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid, 2015)



2.8.5.1 PARTES DE UNA LÁMPARA LED DE ALTA POTENCIA.

Las partes integrantes de una lámpara LED de alta potencia luminosa son las siguientes:

Chip. - Constituye el elemento fundamental del LED, que no debe fallar en largo tiempo si constructivamente ha sido bien diseñado y los materiales utilizados son de calidad. Cuando el color de la capa de fósforo que recubre el chip es de color amarillo oscuro (ocre), emitirá luz “cálida” (warm light), similar a la de una lámpara halógena de igual cantidad de lúmenes, con la diferencia que consumirá menos energía eléctrica en watt.

Contrariamente, cuando la capa de fósforo que recubre el chip es de un color más claro (amarillo limón), emitirá entonces “luz fría” (cool light), similar a la de una lámpara fluorescente común de tubo recto o circular, o de una CFL de similares características.

Disipador de calor. - Este es un elemento imprescindible de utilizar en una lámpara LED de alta potencia luminosa. Su función es disipar la temperatura que se genera en el punto de unión o juntura del diodo LED cuando la lámpara se encuentra encendida, ayudando a mantenerla dentro de un de un rango adecuado. Un disipador mal diseñado puede ocasionar la destrucción del chip del LED.

Controlador o “driver”. - Su función es controlar el sistema electrónico de trabajo del LED de alta potencia luminosa. Este controlador permite que las lámparas LED de alta potencia luminosa puedan funcionar con corriente alterna (C.A) de la red eléctrica doméstica, en lugar de corriente directa (C.D.).

Componente Óptico. - Puede proporcionar un mayor o menor ángulo de difusión de la luz, pues la que emite el LED se difunde, normalmente, de forma unidireccional. En el caso de la lámpara que se ilustra al inicio de esta sección, el diseño del componente óptico está formado por pequeñas lentes, que permiten que la luz se difunda en un ángulo de 120°. (Álvarez, 2015)

2.9 NORMATIVIDAD

2.9.1 Tipos de Alumbrado según la clasificación Vial

En el siguiente cuadro se muestran los tipos de alumbrado público de acuerdo a la clasificación de vías de acuerdo a las normas vigentes.

Tabla N° 4: Tipos de Alumbrado Según la Clasificación Vial

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	<ul style="list-style-type: none">-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez-Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	<ul style="list-style-type: none">-Flujo vehicular ininterrumpido.- Cruces a desnivel.-No se permite estacionamiento.-Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h.-No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal.-No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.
Arterial	II	<ul style="list-style-type: none">-Une zonas de alta generación- Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	<ul style="list-style-type: none">-No se permite estacionamiento.-Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h.-No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal.-Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora 1	II	<ul style="list-style-type: none">-Permite acceso a vías locales	<ul style="list-style-type: none">-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica.-Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares.-Circulan vehículos de transporte público.

“...continuación”

Colectora 2	III	-Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales, pero no tienen calzadas auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Local Comercial	III	-Permite el acceso al comercio local	-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h. -Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante.
Local Residencial 1	IV	-Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas, pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	-Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías peatonales	V	-Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal	- Tráfico exclusivamente peatonal.

Fuente: (Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, 2002)

2.9.2 Tipos de calzada para Alumbrado Público

La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla N° 5: Tipos de Calzada

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Clara

Fuente: (Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, 2002)

2.9.3 Niveles de Luminancia, Iluminancia e Índice de Control de Deslumbramiento

Tabla N° 6: Niveles de Luminancia, Iluminancia e Índice de Control de Deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
	(cd/m ²)	Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 – 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 – 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 – 5
V		1 – 3	2 – 6	4 – 5



Fuente: (Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, 2002)

2.10 IMPACTO ECONÓMICO

Con origen etimológico en el vocablo latino impactus, impacto es un concepto que refiere a un golpe, ya sea físico o simbólico. Lo económico, por su parte, es aquello vinculado a la economía: la ciencia centrada en el análisis de la distribución de los recursos para la satisfacción de las necesidades materiales del ser humano.

Los estudios de impacto económico sirven para medir la repercusión y los beneficios de inversiones en infraestructuras, organización de eventos, así como de cualquier otra actividad susceptible de generar un impacto socioeconómico, incluyendo cambios legislativos y regulatorios.

La idea de impacto económico, en este marco, alude al efecto que una medida, una acción o un anuncio generan en la economía. Cuando algo tiene impacto económico, provoca consecuencias en la situación económica de una persona, una comunidad, una región, un país o el mundo.

Supongamos que un gobierno anuncia un incremento masivo de los impuestos y de las tarifas de los servicios públicos. Esta decisión tiene un impacto económico en la población ya que las personas deberán destinar un porcentaje mayor de sus ingresos para cumplir con sus obligaciones ante el Estado y para cubrir sus necesidades básicas. Esto, a su vez, hará que tengan menos dinero disponible para otros gastos: es decir, contratarán menos servicios y comprarán menos productos. La actividad económica de la nación, de este modo, sufrirá una contracción. En definitiva, el impacto económico del anuncio gubernamental es evidente. (Julián & Ana, 2018)

¿Para qué sirve un estudio de impacto económico?



Los estudios de impacto económico sirven para medir la repercusión y los beneficios de inversiones en infraestructuras, organización de eventos, así como de cualquier otra actividad susceptible de generar un impacto socioeconómico, incluyendo cambios legislativos y regulatorios.

En un contexto de crisis y recursos económicos limitados, resulta cada vez más importante para las Administraciones Públicas considerar los retornos de sus inversiones y centrarse en aquellos proyectos o actividades que generan un mayor beneficio para la sociedad. Es también de vital importancia entender la repercusión de sus actuaciones sobre la economía y el empleo.

Los estudios de impacto económico ayudan a las Administraciones Públicas en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión y medidas de política pública:

- ✓ Proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre los impactos en producción, empleo, recaudación impositiva o medioambiente.
- ✓ Permiten justificar las decisiones de inversión frente a la sociedad y ante otras Administraciones Públicas, así como comunicar con transparencia a través de los medios de comunicación.
- ✓ Permiten atraer el interés de patrocinadores y otras fuentes de financiación de proyectos.

El impacto económico de un mismo tipo de inversión puede ser muy diferente dependiendo de las características del país o región y del momento temporal en el que se lleve a cabo. La cuantificación del impacto económico no debe por tanto basarse en la mera extrapolación de otras experiencias, sino que requiere un análisis específico caso por caso. (PwC, 2012)



2.11 VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

2.11.1 Valor Actual Neto (VAN)

Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia.

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado.

La tasa de interés con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima esperada, por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el BNA (beneficio neto actualizado), es decir un VAN negativo, es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido dicha tasa, y cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN positivo), es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado un beneficio adicional.

Basta entonces con hallar el VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión.

Incluso si se nos ofrece comprar nuestro negocio, con el VAN podemos determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de los que ganaríamos al no venderlo.

La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera. (Puga Muños, 2011)

La fórmula que nos permite calcular el VAN (Valor Presente Neto) es:



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

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 sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones se pueden 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. (Velayos Morales, 2017)

2.11.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Está definida como la tasa de interés con la cual el Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPN) de una inversión sea igual a cero ($VAN = 0$). Recordemos que el VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente (valor actual), aplicando una tasa de descuento.

Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (tasa de descuento), y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor. Si la TIR es igual a la tasa

de descuento, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. Si la TIR es menor a la tasa de descuento, el proyecto debe rechazarse.

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida. (Puga Muños, 2011)

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN:

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

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

Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

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. (Sevilla, 2017)



2.12 TELEGESTIÓN

El término Telegestión se refiere el conjunto de productos basados en las tecnologías informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones, que permiten el control a distancia de instalaciones técnicas aisladas o distribuidas geográficamente. (Instaladora Rey Peña, 2019)

La telegestión responde a las necesidades de numerosos ámbitos de aplicación, y ofrece todo un abanico de herramientas:

- ✓ Telealarma: Ser alertado automáticamente en caso de avería o de fallo de funcionamiento de una instalación.
- ✓ Telecontrol: Controlar permanentemente y a distancia el funcionamiento de una instalación.
- ✓ Telemando: Actuar a distancia sobre los equipos controlados, gestionar a distancia el funcionamiento de las instalaciones controladas.
- ✓ Telegestión: Registrar las informaciones con el fin de analizarlas y optimizarlas.

Un sistema de telegestión controla y supervisa equipos y señales de entrada/salida situados en instalaciones distantes. Por ejemplo, para la distribución de agua potable, las estaciones de bombeo se hallan dispersas geográficamente, y necesitan intercambiar entre ellas información sobre los distintos caudales y presiones detectados en la red, a fin de realizar un bombeo de acuerdo con la demanda de los usuarios. En cada una de las estaciones, el sistema de telegestión está conectado a equipos y aparatos de medición, permitiendo el envío de la información y el control del conjunto de los parámetros. De este modo, las estaciones pueden intercambiar datos entre sí a través de una red de comunicación. Un sistema de telegestión controla, automatiza y supervisa instalaciones distantes, registrando parámetros de funcionamiento, tales como el caudal, la presión, los

estados de abierto/cerrado de las diferentes compuertas etc. Cualquier situación anormal es detectada inmediatamente siendo posible enviar una secuencia sofisticada de señales de alarma a nuestra sede central. (Instaladora Rey Peña, 2019)

Una aplicación de telegestión consta, habitualmente, de varios componentes:

- ✓ Un puesto central de supervisión.
- ✓ Una red de comunicaciones.
- ✓ Estaciones de telegestión.
- ✓ Sensores y otros instrumentos de campo.

Un sistema de telegestión es un aparato electrónico que permite un control inteligente de instalaciones aisladas, asegurando la comunicación de información entre las fuentes de datos locales y las provenientes del puesto central de supervisión. Es también un sistema autónomo que registra los acontecimientos que se producen a nivel local. Sus cometidos principales son controlar el buen funcionamiento de la instalación, permitir el envío de órdenes a distancia, almacenar información en su base de datos para transmitirla al puesto central. Finalmente, este sistema permite enviar diversas alarmas hacia el puesto central o a cualquier otro destinatario. (Instaladora Rey Peña, 2019)

2.12.1 Componentes del Sistema de Telegestión

Los componentes que conforman un sistema de telegestión para la medición de lecturas de consumo de energía eléctrica (Ver Figura 26):

- ✓ Medidores
- ✓ Concentradores de Datos de Medición o Concentradores Primarios
- ✓ Sistema Informático o Centro de control
- ✓ Medios de Comunicación

Estos componentes están relacionados a través de un sistema de telecomunicaciones, el cual se encarga de la transmisión de la información al sistema informático del centro de control y desde el centro de control a los diferentes componentes del Sistema.

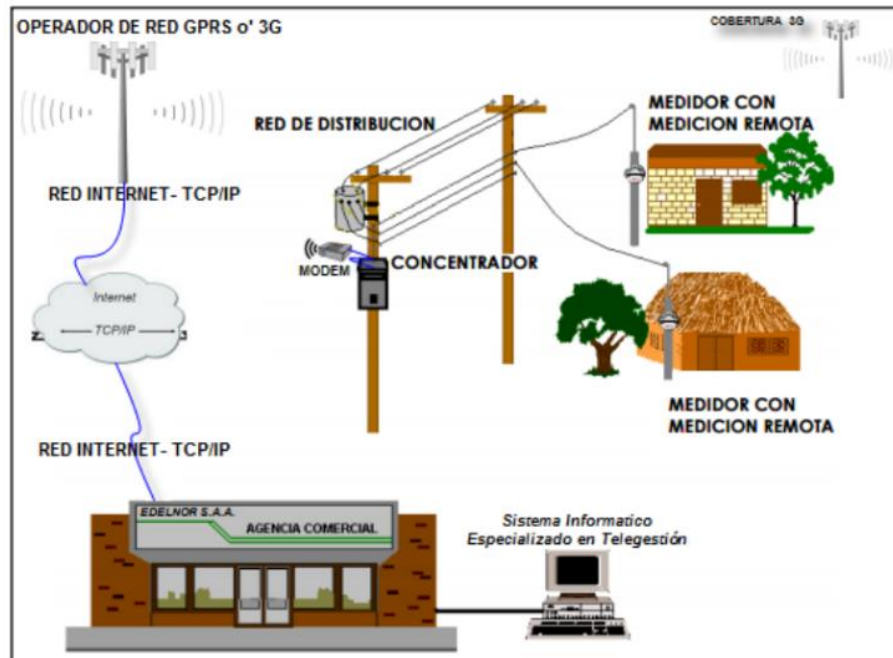


Figura N° 26: Esquema del Sistema de Telegestión para medición de Energía.

Fuente: (Salinas Vera & Sugashima Guzmán, 2015)

En la Figura 27 se puede apreciar los componentes que son necesarios para un sistema de Telegestión:

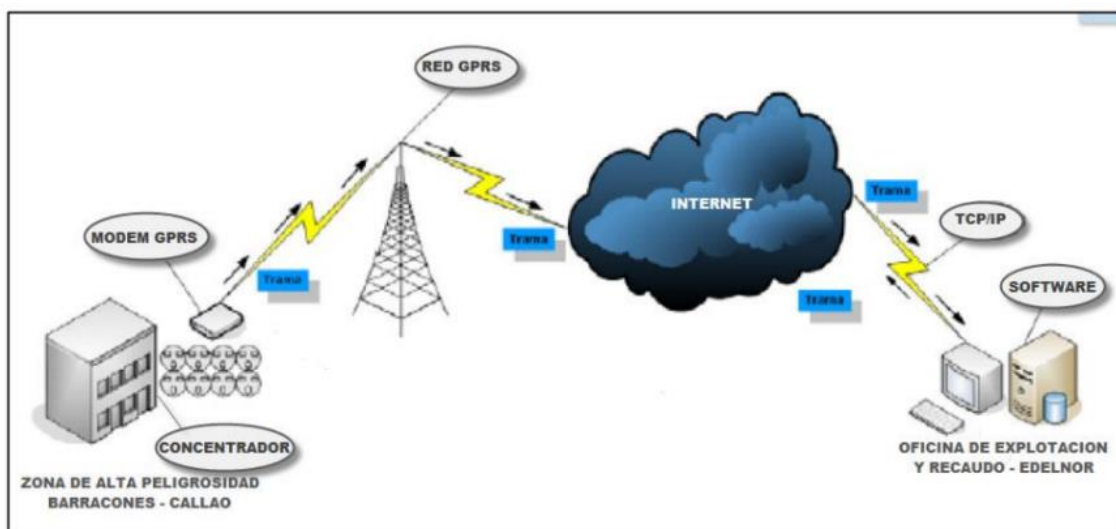


Figura N° 27: Arquitectura de un Sistema de Telegestión.

Fuente: (Salinas Vera & Sugashima Guzmán, 2015)



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se desarrollara es de tipo descriptiva correlativa, debido a que se analizara y se hará la comparación de los tipos de luminarias convencionales (Vapor de Sodio) y los de tipo led, por los datos que se recolectara se utilizara el método cuantitativo.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

Población. - La población del proyecto es el Parque de Alumbrado Público de la Empresa Electro Puno S.A.A.

Muestra. - La muestra son los datos procesados en el Sistema Eléctrico de Puno Alimentador 102 de la Ciudad de Puno.

3.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

La ubicación del proyecto se encuentra en la zona de concesión de la Empresa Electro Puno S.A.A. En la ciudad de Puno, Distrito, Provincia y Departamento.

3.4 ÁREA DE CONCESIÓN

De acuerdo a la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, la Concesión otorgada a Electro Puno se efectuó mediante Resolución Suprema N° 106-2000-EM de fecha 07 de diciembre del 2000, actualizada mediante Resolución Suprema No 051-2006-EM. El área de concesión de Electro Puno S.A.A. es la Región de Puno que cuenta con 1,415,608 habitantes (población proyectada sobre los Censos Nacionales 2007 realizados por el INEI), con 6,867.22 km² de extensión y con 380,017 clientes en el año 2017, para lo cual la Empresa cuenta con dieciséis Sistemas Eléctricos, que inicia su recorrido desde



CANTIDAD DE LUMINARIAS

En la siguiente tabla se puede apreciar la cantidad de luminarias instaladas en el sistema eléctrico de la empresa, el cual asciende a 85,137 luminarias existentes, de los cuales el 98% representa a las luminarias de vapor de sodio y el 2% a luminarias de vapor de mercurio.

Tabla N° 7: Cantidad de Luminarias Sistema Eléctrico ELPU.

SISTEMA	VAPOR DE MERCURIO		VAPOR DE SODIO				TOTAL
	HG 80	HG 150	NA 50	NA 70	NA 150	NA 250	
SISTEMA ELECTRICO ANTAUTA	3	0	695	1,540	33	10	2,281
SISTEMA ELECTRICO AYAVIRI	7	4	376	4,298	23	0	4,708
SISTEMA ELECTRICO AZANGARO	72	629	2,040	5,389	241	5	8,376
SISTEMA ELECTRICO ILAVE	49	0	1,480	4,330	16	1	5,876
SISTEMA ELECTRICO JULIACA	374	190	1,893	32,081	2,425	259	37,222
SISTEMA ELECTRICO POMATA	15	10	1,716	5,335	99	10	7,185
SISTEMA ELECTRICO PUNO	195	115	1,213	13,880	1,381	499	17,283
SISTEMA ELECTRICO SANDIA	1	0	1,015	1,181	8	1	2,206
TOTAL	716	948	10,428	68,034	4,226	785	85,137

Fuente: Base de Datos ELPU



CANTIDAD DE LUMINARIAS PUNO

En el sistema eléctrico de puno se tienen instalados 17,283 luminarias de los cuales el 98% equivale a luminarias de vapor de sodio y el 2% a luminarias de vapor de mercurio tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 8: Cantidad de Luminarias Sistema Eléctrico Puno.

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD DE LUMINARIAS	%	
1	VAPOR DE MERCURIO	HG 80	195	1%
2		HG 150	115	1%
3	VAPOR DE SODIO	NA 50	1,214	7%
4		NA 70	13,880	80%
5		NA 150	1,381	8%
6		NA 250	499	3%
TOTAL			17,283	100%

Fuente: Base de Datos ELPU

CANTIDAD DE LUMINARIAS ALIMENTADOR 102 PUNO

Para la presente investigación se tomará los datos del alimentador 102 del sistema eléctrico puno, para realizar el análisis y la comparación, en el cual se tienen instalados 1,012 luminarias de vapor de sodio tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Cantidad de Luminarias Alimentador 102.

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD DE LUMINARIAS	%	
1	VAPOR DE SODIO	NA 50	47	5%
2		NA 70	614	61%
3		NA 150	276	27%
4		NA 250	75	7%
TOTAL			1,012	100%

Fuente: Base de Datos ELPD

Debido a que, en el parque de alumbrado público de la Empresa Electro Puno S.A., el 98% de las luminarias son de vapor de sodio, en adelante se hará referencia a las luminarias convencionales como luminarias de vapor de sodio.

3.6 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LUMINARIAS

3.6.1 Comparación de características de Luminarias

Para la comparación de las luminarias se recabará información de libros, artículos, revistas y catálogos, en los cuales se obtendrá las siguientes Especificaciones:

- Potencia Consumida en Lámpara (W)
- Potencia Consumida en Balastro (W)
- Flujo Luminoso
- Temperatura de Color
- Tiempo de Vida

Además, se realizará la comparación de las luminarias utilizando el software Ulysse, el cual nos dará los resultados fotométricos de los niveles de iluminancia y luminancia en



los 2 tipos de tecnología, los cuales se calcularán de acuerdo a las Fichas Técnicas de Bienes Estandarizados dispuesto por el Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE) y aprobado por el Comité de Normalización de Bienes e Insumos (CONOBI) y las normas vigentes.

3.6.2 Consumo de Energía

El consumo de energía es la potencia del equipo por la cantidad de horas que esta se encuentra encendido, por lo tanto, tenemos:

POTENCIA REAL

$$PR(watts) = PNL + PEqAux$$

PR: Potencia Real.

PNL: Potencia Nominal Lámpara.

PEqAux: Potencia Equipo Auxiliar.

POTENCIA INSTALADA (PI)

$$PI(watts) = PR \times CL$$

PI: potencia instalada.

PR: Potencia Real.

CL: Cantidad de Lámparas.

ENERGÍA DE ALUMBRADO PÚBLICO ESTIMADA

$$EAPE = \frac{PI \times Horas \times N^{\circ} \text{ dias}}{1000}$$

EAPE: Energía AP Estimada.



PI: potencia instalada.

3.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.7.1 Costo de Luminarias

Para conocer los costos de las luminarias se revisó los contratos que realizó la empresa para la compra de las luminarias que la empresa concesionaria tiene instalado en el parque de alumbrado público.

- ✓ Precio de Luminaria
- ✓ Precios De Equipo Auxiliar Conjunto Balasto e Ignitor
- ✓ Precio de Lámpara

3.7.2 Costos de Mantenimiento

Para el cálculo de los costos de mantenimiento se necesita saber las cantidades de los materiales, actividades, mano de obra y los equipos necesarios y multiplicarlos de acuerdo a los precios de mercado como se detalla a continuación:

INSUMOS. – Son los materiales o elementos de las luminarias que necesitan ser cambiados o los que necesitan hacer el mantenimiento.

- ✓ Lámpara
- ✓ Equipos auxiliares conjunto balasto e ignitor.

ACTIVIDADES COMPONENTES. – Son las actividades que se desarrollan para poder realizar el mantenimiento

- ✓ Subida y descenso de la estructura donde se encuentra instalado la luminaria,
- ✓ Instalación y retiro de pastoral, luminaria, equipo auxiliar o lámpara,
- ✓ Limpieza de difusor, etc.



MANO DE OBRA. – Es el personal técnico y profesional capacitado para realizar el mantenimiento.

- ✓ Operador de grúa,
- ✓ Técnico e
- ✓ Ingeniero.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS. – Son los equipos y herramientas necesarios para desarrollar el trabajo de forma segura.

- ✓ Camión Brazo Hidráulico con Canastilla
- ✓ Herramientas
- ✓ Equipos de Seguridad

3.7.3 Costo del Consumo de Energía

El costo de la energía consumida se calculará de acuerdo al precio de energía, dato que se obtendrá de la Empresa Electro Puno S.A.A. el cual se multiplica por el consumo de energía calculado.

$$CE(\text{Soles}) = EAPE \times \text{Precio}$$

CE(Soles): costo de energía en soles

EAPE: Energía AP Estimada.

Precio: precio de kwh

3.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Para conocer las ventajas y desventajas de las luminarias convencionales y led se recolectó información de las diferentes fuentes tales como libros, artículos, revistas y catálogos de las empresas fabricantes de estos equipos de iluminación.



1. Gran Ahorro

Las bombillas LED consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla tradicional incandescente. Esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz y a una rápida amortización de la inversión. (LEDBOX, 2018)

2. Larga Vida Útil

Las bombillas Led tienen una vida útil de hasta 50,000 horas frente a las 2.000 horas de una bombilla tradicional. Esto se traduce en una duración de 17 años a 8 horas diarias de utilización. La misma vida útil es aplicable a los drivers que se utilizan para poderlas conectar con la corriente alterna. A diferencia de la bombilla tradicional, una bombilla LED no deja de funcionar, únicamente reduce progresivamente su capacidad lumínica y se estima su reemplazo en un intervalo que va de las 30.000 a las 50.000 horas. (LEDBOX, 2018)

3. Protección del Medio Ambiente y La Salud

Los Leds son una fuente de luz monocromática que no genera luz ultravioleta ni infrarroja. De este modo se evitan riesgos tanto en la salud humana como en la flora y fauna. Las bombillas led producen una pérdida mínima por calor y ahorran energía, esto ayuda enormemente a la protección del medio ambiente y a reducir las emisiones de CO₂.

Las bombillas Led, a diferencia de las bombillas de bajo consumo, no contienen mercurio en su fabricación por lo que son totalmente ecológicas. (LEDBOX, 2018)



4. Alta Eficiencia en Iluminación

Las bombillas o focos led consumen pueden llegar a consumir aproximadamente un 80% menos energía eléctrica que las bombillas tradicionales.

El flujo de la luz en las lámparas LED permite dirigirla al área que se desee sin perder energía en haces de luz en otras direcciones (como así ocurre en los focos comunes) así se incrementa la uniformidad lumínica y se reduce la pérdida de iluminación entre fuentes de luz. Con las bombillas led se consigue una mayor eficiencia lumínica, llegando a tener hasta 150 lúmenes por watt en las lámparas de alta eficiencia y de 80 lúmenes por watt en las comunes. De este modo se optimiza el uso de la luz emitida y se reduce el consumo de energía y la contaminación.

En consecuencia, las lámparas LED tienen un mayor rendimiento lumínico útil (en porcentaje de lúmenes por watt) que los focos ahorradores de energía o las lámparas de vapor de sodio. Las lámparas LED ofrecen ocho veces más iluminación que las lámparas comunes de filamentos de tungsteno. (LEDBOX, 2018)

5. Calidad de Luz

Las luces LED tiene un alto Índice de Reproducción Cromática.

(IRC: es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz).

En la tecnología Led el IRC es de 90 frente a un 44 de las bombillas convencionales, lo cual nos da como resultado colores más puros, nítidos, intensos y profundos. Los sistemas de iluminación con Led no producen efectos estroboscópicos ni resplandor, ofrecen una luminosidad uniforme, para cualquier tipo de ambiente (exteriores, interiores o espacios



abiertos). Además, debido a su pequeño tamaño se pueden crear infinidad de diseños geométricos en luminarias. (LEDBOX, 2018)

6. Ahorro en Costes de Mantenimiento

Gracias a su vida útil de hasta 50,000 horas las bombillas LED no se tiene que estar reemplazando constantemente traduciéndose esto en un excelente ahorro en cuestiones de mantenimiento.

Las bombillas Led son perfectas para instalación en aplicaciones donde el mantenimiento es muy complicado o costoso o en lugares de acceso restringido. Debido a que el consumo de energía es mucho menor, las instalaciones eléctricas de las lámparas Leds se hacen con cables de calibres mucho menores, esto se traduce directamente en un ahorro sustancial en el cableado y en las instalaciones. (LEDBOX, 2018)

7. Sistema Inteligente

En sistemas de iluminación inteligente donde se requiere reguladores de intensidad lumínica (timers, sensores de movimiento etc...), la tecnología LED es muy superior a cualquier otra. La variación de la intensidad luminosa, además de ahorrar energía favorece a alargar la vida de los Leds. (LEDBOX, 2018)

8. Encendido Inmediato

El encendido y apagado en las luces led es instantáneo. No es necesario un tiempo óptimo para alcanzar su luminosidad completa, como es el caso de las fluorescentes compactas (Bajo consumo). Esta es una gran ventaja en los lugares donde se requiere una luminosidad intensa momentánea.



Los leds también ofrecen la posibilidad de encendido y apagado ilimitados, sin afectar su desempeño y funcionamiento. (LEDBOX, 2018)

9. Mayor Resistencia Térmica y Mecánica

Las bombillas LED son dispositivos de estado sólido por lo que no son tan frágiles como las bombillas convencionales y resisten grandes variaciones de vibración y de temperatura, lo cual asegura la continuidad en la iluminación. (LEDBOX, 2018)

10. No Emiten Calor

La tecnología Led no emite calor. Esta característica permite un ahorro adicional de energía necesaria para enfriar el calor generado por la tecnología tradicional.

Si tomamos como modelo un foco común de 60w, éste gasta un promedio de 45W en emitir calor y para compensar ese calor, generamos un gasto en aire acondicionado de 70 watts para compensar ese calor. La no emisión de calor proporciona mayor seguridad en su manipulación durante la instalación, el mantenimiento y el uso cotidiano. (LEDBOX, 2018)

11. Sin Necesidad de Realizar Mantenimiento

Gracias a su vida útil de hasta 50,000 horas las bombillas LED no se tiene que estar reemplazando constantemente traduciéndose esto en un excelente ahorro en cuestiones de mantenimiento. Las bombillas Led son perfectas para instalación en aplicaciones donde el mantenimiento es muy complicado o costoso o en lugares de acceso restringido.

Debido a que el consumo de energía es mucho menor, las instalaciones eléctricas de las lámparas Leds se hacen con cables de calibres mucho menores, esto se traduce



directamente en un ahorro sustancial en el cableado y en las instalaciones. (LEDBOX, 2018)

3.9 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para contrarrestar al cambio climático, el estado peruano viene impulsando una política de eficiencia energética, lo cual abarca los impactos ambientales y la mejora de acceso a la energía con fuentes de generación de energía limpia.

La visión de largo plazo que tiene el Estado peruano para el sector energía contempla la implementación de un sistema energético basado en la planificación, la investigación y la innovación tecnológica permanente, de modo tal que pueda satisfacer la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, así como promover el desarrollo sostenible del país. (MINEM, 2014b)

Para lograrlo cuenta con una Política Energética que promueve el acceso universal al suministro energético, la integración de sus mercados regionales y su producción autosuficiente y competitiva, así como su uso eficiente y la diversificación de su matriz mediante el desarrollo racional de los recursos energéticos para garantizar el mínimo impacto ambiental y las más bajas emisiones de carbono que sea posible. (MINEM, 2014b)

En ese sentido, destacan la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía (Ley Nro. 27345) que declara de interés nacional su promoción; y el Decreto Supremo Nro. 053-2007-EM, que reglamenta las disposiciones para promover el uso eficiente de la energía en el país. (MINEM, 2014b)

Para el periodo 2014 – 2025 se impulsará una política de eficiencia energética dirigida a la disminución de la dependencia externa, el aumento de la competitividad del sector



energía, menores impactos ambientales y mejora en el acceso a la energía. (MINEM, 2014a)

El efecto de esta política en materia de reducción del gasto y/o costos operativos de los consumidores a todo nivel - residencial, público, industrial y transporte - es significativo, y contribuye de esta manera a aumentar su ingreso disponible y su competitividad. (MINEM, 2014a)

La reducción del gasto y/o costos operativos se logra disminuyendo el consumo final de electricidad y diésel mediante el uso de tecnologías más eficientes tales como luminarias LEDs (3), termas solares, cocinas mejoradas a leña y el desarrollo de proyectos de cogeneración y la sustitución de calderos y motores eléctricos por otros de mayor eficiencia. (MINEM, 2014a)

3.9.1 Marco Legal

La Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, aprobada en setiembre 2000, declaró de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía (UEE) con la finalidad de asegurar el suministro de energía, reducir el impacto ambiental, proteger al consumidor y fomentar la competitividad de la economía nacional. (MINEM, 2014a)

La Ley establece que el Ministerio de Energía y Minas es la autoridad competente del Estado para la promoción del uso eficiente de la energía, con atribuciones para:

- ✓ Promover la creación de una cultura orientada al empleo racional de los recursos energéticos para impulsar el desarrollo sostenible del país buscando un equilibrio entre la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico;
- ✓ Promover la mayor transparencia del mercado de la energía, mediante el diagnóstico permanente de la problemática de la eficiencia energética y de la



formulación y ejecución de programas, divulgando los procesos, tecnologías y sistemas informativos compatibles con el Uso Eficiente de la Energía.

- ✓ Diseñar, auspiciar, coordinar y ejecutar programas y proyectos de cooperación internacional para el desarrollo del UEE;
- ✓ La elaboración y ejecución de planes y programas referenciales de eficiencia energética;
- ✓ Promover la constitución de empresas de servicios energéticos (EMSES), así como la asistencia técnica a instituciones públicas y privadas, y la concertación con organizaciones de consumidores y entidades empresariales;

Coordinar con los demás sectores y las entidades públicas y privadas el desarrollo de políticas de uso eficiente de la energía; y · Promover el consumo eficiente de energéticos en zonas aisladas y remotas. (MINEM, 2014a)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

4.1.1 Comparación de Características de Luminarias

Características de Luminarias Convencionales y Luminarias LED

En la tabla 10 y tabla 11 presentamos un resumen de las características de las luminarias convencionales y luminarias LED respectivamente:

Tabla N° 10: Resumen de las características de las Luminarias Convencionales

Especificación	Vapor de Sodio 50W	Vapor de Sodio 70W	Vapor de Sodio 150W	Vapor de Sodio 250W	Vapor de Mercurio 125W	Vapor de Mercurio 250W
Potencia Consumida en lámpara (W)	50	70	150	250	125	250
Potencia Consumida en Balastro (W)	8	11	20	30	20	30
Flujo Luminoso (lumen)	4400	6600	17500	33200	6200	12700
Temperatura de Color (K)	2200	2200	2200	2200	4200	4100
Tiempo de Vida (horas)	18000	18000	18000	18000	16000	16000

Elaboración Propia

Tabla N° 11: Resumen de las características de las Luminarias LED

Especificación	Led 36W	Led 53W	Led 107W	Led 150W
Potencia Consumida en lámpara (W)	36	53	107	150
Potencia Consumida en Balastro (W)	0	0	0	0
Flujo Luminoso (lumen)	5300	8000	14300	20800
Temperatura de Color (K)	4000	4000	4000	4000
Tiempo de Vida (horas)	100000	100000	100000	100000

Elaboración Propia

Para el análisis del consumo de las Luminarias Convencionales y Led realizamos la comparación entre las luminarias existentes en el alimentador 102 los cuales son solo de vapor de sodio, por ende, tenemos las Luminarias de Vapor de Sodio y las Luminarias Led, de los cuales hacemos la comparación de la Potencia, Flujo Luminoso, Temperatura de Color, la Vida Útil y los resultados Fotométricos de acuerdo a las normas vigentes.

- ✓ Potencia Consumida en lámpara (W)
- ✓ Potencia Consumida en Balastro (W)
- ✓ Flujo Luminoso
- ✓ Temperatura de Color
- ✓ Tiempo de Vida

Comparación de luminaria de vapor de sodio de 50W vs luminaria led de 36W

Tabla N° 12: Luminaria de Vapor de Sodio 50W vs Luminaria led 36W

Especificación	Vapor de Sodio 50W	Led 36W	Comparación
Potencia Consumida en Lámpara (W)	50	36	14
Potencia Consumida en Balastro (W)	8	0	8
Flujo Luminoso (lumen)	4400	5300	-900
Temperatura de Color (K)	2200	4000	-1800
Tiempo de Vida (horas)	18000	100000	-82000

Elaboración Propia

Comparación de luminaria de vapor de sodio de 70W vs luminaria led de 53W

Tabla N° 13: Luminaria de Vapor de Sodio 70W vs Luminaria led 53W

Especificación	vapor de sodio 70W	led 53W	Comparación
Potencia Consumida en Lámpara (W)	70	53	17
Potencia Consumida en Balastro (W)	11	0	11
Flujo Luminoso (lumen)	6600	8000	-1400
Temperatura de Color (K)	2200	4000	-1800
Tiempo de Vida (horas)	18000	100000	-82000

Elaboración Propia

Comparación de luminaria de vapor de sodio de 150W vs luminaria led de 102W

Tabla N° 14: Luminaria de Vapor de Sodio 150W vs Luminaria led 102W

Especificación	Vapor de Sodio 150W	Led 107W	Comparación
Potencia Consumida en Lámpara (W)	150	107	43
Potencia Consumida en Balastro (W)	20	0	20
Flujo Luminoso (lumen)	17500	14300	3200
Temperatura de Color (K)	2200	4000	-1800
Tiempo de Vida (horas)	18000	100000	-82000

Elaboración Propia

Comparación de luminaria de vapor de sodio de 250W vs luminaria led de 155W

Tabla N° 15: Luminaria de Vapor de Sodio 250W vs Luminaria led 155W

Especificación	Vapor de Sodio 250W	Led 150W	Comparación
Potencia Consumida en Lámpara (W)	250	150	100
Potencia Consumida en Balastro (W)	30	0	30
Flujo Luminoso (lumen)	33200	20800	12400
Temperatura de Color (K)	2200	4000	-1800
Tiempo de Vida (horas)	18000	100000	-82000

Elaboración Propia

4.1.2 Cálculos Luminotécnicos

4.1.2.1 Luminaria de Vapor de Sodio de 50W vs Luminaria LED de 36W

Datos de luminaria de vapor de sodio de 50W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: NANO 1 SON-T+ 50 W Low depth bowl, Glass, Smooth 290081 2050
-16mm / 75mm / 11°
- ✓ Potencia: 50W
- ✓ Flujo luminoso: 4400 lm

Datos de luminaria LED de 36W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: TECEO 1 32 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102
372232



- ✓ Potencia: 36W
- ✓ Flujo luminoso: 5300 lm

Condiciones de simulación.

Para la simulación se utilizará los valores definidos en la ficha técnica de Bienes Estandarizados para la luminaria de vapor de sodio de 50W (Ver anexo N° 1), los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Instalación unilateral (lado izquierdo)
- ✓ Vano de 35 m.
- ✓ Ancho de vía: 8 m.
- ✓ Revestimiento oscuro (R3007)
- ✓ Vereda: 1.5 m
- ✓ Número de carriles: 2, vía de doble sentido de circulación
- ✓ Altura de montaje: 8 m
- ✓ Factor de mantenimiento es 0.8
- ✓ Overhang (retranqueo): 1.5 m
- ✓ Angulo de inclinación del pastoral: 0°.
- ✓ La lámpara empleada para el cálculo será del tipo sodio alta presión tubular con flujo luminoso de 4400 lúmenes.

Resultados de fotometría. (Ver Anexos 1 y 2)

Tabla N° 16: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 50W vs LED 36W

Tipo	Potencia	Iluminancia Media (lux)	Luminancia Media (cd/m ²)	Uniformidad de Luminancia (%)
Luminaria Vapor de Sodio	50W	4.8	0.33	44
Luminaria LED	36W	8.3	0.54	46



Elaboración propia

4.1.2.2 Luminaria de Vapor de Sodio de 70W vs Luminaria LED de 53W

Datos de luminaria de vapor de sodio de 70W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: NANO 1 SON-T+ 70 W Deep bowl, PC, Smooth 2050 -22mm / 77mm / 11,5° 284053
- ✓ Potencia: 70W
- ✓ Flujo luminoso: 6600 lm

Datos de luminaria LED de 53W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: TECEO 1 48 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232
- ✓ Potencia: 53W
- ✓ Flujo luminoso: 8000 lm

Condiciones de simulación.

Para la simulación se utilizará los valores definidos en la ficha técnica de Bienes Estandarizados para la luminaria de vapor de sodio de 70W (Ver anexo N° 2), los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Instalación unilateral (lado izquierdo)
- ✓ Vano de 35 m.
- ✓ Ancho de vía: 8 m.
- ✓ Revestimiento oscuro (R3007)
- ✓ Vereda: 1.5 m

- ✓ Número de carriles: 2, vía de doble sentido de circulación
- ✓ Altura de montaje: 8 m
- ✓ Factor de mantenimiento es 0.8
- ✓ Overhang (retranqueo): 1.5 m
- ✓ Angulo de inclinación del pastoral: 0°.
- ✓ La lámpara empleada para el cálculo será del tipo sodio alta presión tubular con flujo luminoso de 6500 lúmenes.

Resultados de fotometría. (Ver Anexos 3 y 4)

Tabla N° 17: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 70W vs LED de 53W

Tipo	Potencia	Iluminancia Media (lux)	Luminancia Media (cd/m ²)	Uniformidad de Luminancia (%)
Luminaria Vapor de Sodio	70W	8.4	0.52	37
Luminaria LED	53W	12.4	0.81	46

Elaboración propia

4.1.2.3 Luminaria de Vapor de Sodio de 150W vs Luminaria LED de 107W

Datos de luminaria de vapor de sodio de 150W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: AMBAR 2 SON-T+ 150 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2005 - 25mm / 120mm / 7,5° 280574
- ✓ Potencia: 150W
- ✓ Flujo luminoso: 17500 lm

Datos de luminaria LED de 107W.

- ✓ Fabricante: Schröder



- ✓ Modelo: TECEO 1 48 LEDs 700mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102
372232
- ✓ Potencia: 107W
- ✓ Flujo luminoso: 14300 lm

Condiciones de simulación.

Para la simulación se utilizará los valores definidos en la ficha técnica de Bienes Estandarizados para la luminaria de vapor de sodio de 150W (Ver anexo N° 3), los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Instalación unilateral (lado izquierdo)
- ✓ Vano de 30 m.
- ✓ Ancho de vía: 8 m.
- ✓ Revestimiento oscuro (R3007)
- ✓ Vereda: 1.5 m
- ✓ Número de carriles: 2, vía de doble sentido de circulación
- ✓ Altura de montaje: 9 m
- ✓ Factor de mantenimiento es 0.8
- ✓ Overhang (retranqueo): 1.5 m
- ✓ Angulo de inclinación del pastoral: 0°.
- ✓ La lámpara empleada para el cálculo será del tipo sodio alta presión tubular con flujo luminoso de 17500 lúmenes.

Resultados de fotometría (Ver Anexos 5 y 6)

Tabla N° 18: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 150W vs LED 107W

Tipo	Potencia	Luminancia Media (lux)	Luminancia Media (cd/m ²)	Uniformidad de Luminancia (%)
Luminaria Vapor de Sodio	150W	21.9	1.51	42
Luminaria LED	107W	23.8	1.57	54

Elaboración propia

4.1.2.4 Luminaria de Vapor de Sodio de 250W vs Luminaria led de 150W.

Datos de luminaria de vapor de sodio de 250W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: AMBAR 3 SON-T+ 250 W Low depth bowl, Glass, Smooth 1975 - 25mm / 138mm / 7° 31155B
- ✓ Potencia: 250W
- ✓ Flujo luminoso: 33200 lm

Datos de luminaria LED de 150W.

- ✓ Fabricante: Schröder
- ✓ Modelo: TECEO 1 48 LEDs 1000mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5147 378502
- ✓ Potencia: 150W
- ✓ Flujo luminoso: 20800 lm

Condiciones de simulación.

Para la simulación se utilizará los valores definidos en la ficha técnica de Bienes Estandarizados para la luminaria de vapor de sodio de 250W (Ver anexo N° 4), los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Instalación unilateral (lado izquierdo)
- ✓ Vano de 35 m.
- ✓ Ancho de vía: 8 m.
- ✓ Revestimiento oscuro (R3007)
- ✓ Vereda: 1.5 m
- ✓ Número de carriles: 2, vía de doble sentido de circulación
- ✓ Altura de montaje: 11 m
- ✓ Factor de mantenimiento es 0.8
- ✓ Overhang (retranqueo): 1.5 m
- ✓ Angulo de inclinación del pastoral: 0°.
- ✓ La lámpara empleada para el cálculo será del tipo sodio alta presión tubular con flujo luminoso de 32000 lúmenes.

Resultados de fotometría (Ver Anexos 7 y 8)

Tabla N° 19: Fotometría de luminaria de vapor de sodio de 250W vs LED 150W

Tipo	Potencia	Iluminancia Media (lux)	Luminancia Media (cd/m ²)	Uniformidad de Luminancia (%)
Luminaria Vapor de Sodio	250W	32.1	2.28	48
Luminaria LED	150W	31.3	1.96	63

Elaboración propia

4.1.3 Consumo en Luminarias Convencionales

Para el análisis de consumo de energía tomamos las potencias de las luminarias instaladas en el alimentador 102 del sistema eléctrico puno.

POTENCIA REAL

$$PR(\text{watts}) = PNL + PEqAux$$

PR: Potencia Real.

PNL: Potencia Nominal Lámpara.

PEqAux: Potencia Equipo Auxiliar.

En la siguiente tabla se muestra los resultados calculados de la Potencia Real para cada tipo de luminaria:

Tabla N° 20: Potencia Real Luminarias Vapor de Sodio

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	Potencia Nominal Lámpara (w)	Potencia Equipo Auxiliar (w)	Potencia Real (w)	
1	VAPOR DE SODIO	NA 50W	50	8	58
2		NA 70W	70	11	81
3		NA 150W	150	20	170
4		NA 250W	250	30	280

Elaboración propia

POTENCIA INSTALADA (PI)

$$PI(\text{watts}) = PR \times CL$$

PI: potencia instalada.



PR: Potencia Real.

CL: Cantidad de Lámparas.

En la siguiente tabla se muestra los resultados calculados de la Potencia instalada para cada tipo de luminaria:

Tabla N° 21: Potencia Instalada Luminarias Vapor de Sodio

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	Potencia Real (w)	Cantidad de Lámparas	Potencia Instalada (w)	
1	VAPOR DE SODIO	NA 50W	58	47	2,726
2		NA 70W	81	614	49,734
3		NA 150W	170	276	46,920
4		NA 250W	280	75	21,000

Elaboración propia

ENERGÍA DE ALUMBRADO PÚBLICO ESTIMADA

$$EAPE = \frac{PI \times Horas \times N^{\circ} \text{ dias}}{1000}$$

EAPE: Energía AP Estimada.

PI: potencia instalada.

En la siguiente tabla se muestra los resultados calculados de la Energía de Alumbrado Público Estimada para cada tipo de luminaria:



Tabla N° 22: Energía de Alumbrado Público Estimada Luminarias Vapor de Sodio

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA INSTALADA (W)	Horas	Nº Días	Energía de Alumbrado Público Estimada (kWh)	
1	VAPOR DE SODIO	NA 50W	2,726	12	365	11,940
2		NA 70W	49,734	12	365	217,835
3		NA 150W	46,920	12	365	205,510
4		NA 250W	21,000	12	365	91,980
Total					527,264	

Elaboración propia

El total de la Energía de Alumbrado Público Estimada es: **527,264 kWh**

4.1.4 Consumo en Luminarias LED

Para el cálculo del consumo de energía en luminarias led tomamos las mismas cantidades de luminarias convencionales y los equivalentes en relación a la potencia, por ende, tenemos:

POTENCIA REAL

$$PR(watts) = PNL + PEqAux$$

PR: Potencia Real.

PNL: Potencia Nominal Lámpara.

PEqAux: Potencia Equipo Auxiliar.

Tabla N° 23: Potencia Real Luminarias Led

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	Potencia Nominal Lámpara (w)	Potencia Equipo Auxiliar (w)	Potencia Real (w)	
1	LED	LED 36W	36	0	36
2		LED 53W	53	0	53
3		LED 107W	107	0	107
4		LED 150W	150	0	150

Elaboración propia

POTENCIA INSTALADA (PI)

$$PI(watts) = PR \times CL$$

PI: potencia instalada.

PR: Potencia Real.

CL: Cantidad de Lámparas.

Tabla N° 24: Potencia Instalada Luminarias Led

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	Potencia Real (w)	Cantidad de Lámparas	Potencia Instalada (w)	
1	LED	LED 36W	36	47	1,692
2		LED 53W	53	614	32,542
3		LED 107W	107	276	29,532
4		LED 150W	150	75	11,250

Elaboración propia



Energía de Alumbrado Público Estimada

$$EAPE = \frac{PI \times Horas \times N^{\circ} \text{ dias}}{1000}$$

EAPE: Energía AP Estimada.

PI: potencia instalada.

Tabla N° 25: Energía de Alumbrado Público Estimada Luminarias Led

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA INSTALADA (W)	Horas	N ^a Días	Energía de Alumbrado Público Estimada (kWh)	
1	LED	LED 36W	1,692	12	365	7,411
2		LED 53W	32,542	12	365	142,534
3		LED 107W	29,532	12	365	129,350
4		LED 150W	11,250	12	365	49,275
Total					328,570	

Elaboración propia

El total de la Energía de Alumbrado Público Estimada es: **328,570 kWh**

4.1.5 Resumen de Consumo de Energía Eléctrica

En la siguiente tabla podemos apreciar la Energía en las Luminarias de Vapor de Sodio y las Luminarias Led.

Tabla N° 26: Consumo de Vapor de Sodio vs Led

ITEM	TIPO DE LUMINARIA	Energía de Alumbrado Público Estimada (kWh)
1	VAPOR DE SODIO	527,264
2	LED	328,570

Elaboración propia

De la tabla 26 podemos apreciar que se tiene un consumo de 527,264 kWh en las luminarias de vapor de sodio y un consumo de 328,570 kWh en las luminarias led, teniendo una diferencia de 198,694 kWh, por lo tanto, se tendría un ahorro del 37.68% de energía el cual se dejaría de pagar en un año en el alimentador 102 de la ciudad de Puno.

4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.2.1 Costos de Luminarias

Para la investigación se realizó las cotizaciones de las luminarias de vapor de sodio y las luminarias led, los cuales se describen en las siguientes tablas

Tabla N° 27: Precio de Luminarias de Vapor de Sodio

Descripción	Potencia (W)	Precio Unitario S/
Vapor de Sodio sin Lámpara 50W	50	107.27
Vapor de Sodio sin Lámpara 70W	70	107.27
Vapor de Sodio sin Lámpara 150W	150	238.64
Vapor de Sodio sin Lámpara 250W	250	282.95

Elaboración propia

Tabla N° 28: Precio de Equipo Auxiliar

Descripción	Potencia (W)	Precio Unitario S/
Conjunto Balasto Ignitor 50W	50	28.21
Conjunto Balasto Ignitor 70W	70	27.57
Conjunto Balasto Ignitor 150W	150	43.11
Conjunto Balasto Ignitor 250W	250	53.59

Elaboración propia

Tabla N° 29: Precio de Luminarias LED

Descripción	Potencia (W)	Precio Unitario S/
LED 36W	36	845.75
LED 53W	53	998.59
LED 107W	107	1248.23
LED 150W	150	1497.82

Elaboración propia

4.2.2 Costos de Mantenimiento

4.2.2.1 Costo de Mantenimiento de Luminarias de 50W

Tabla N° 30: Costo de Cambio de Lámpara de 50W

Análisis de Costos Unitarios de Mantenimiento de Luminarias de 50W					
DESCRIPCION:	CAMBIO DE LÁMPARA Y EQUIPO AUXILIAR				
COSTO POR:	EQUIPO	RENDIMIENTO:	15	EQUIPO/DIA	8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.	
INSUMOS				38.01	
Lámpara de 50W	1.00	1.00	9.80	9.80	
Conjunto Balasto e Ignitor para Lámpara de 50W	1.00	1.00	28.21	28.21	
ACTIVIDADES COMPONENTES				25.30	
Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08	
Instalación/Retiro de Pastoral	2.00		3.51	7.02	



“...continuación”

Instalación/Retiro de Luminaria	2.00		2.06	4.12
Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	2.00		2.75	5.50
Instalación/Retiro de Lámpara	2.00		2.58	5.16
Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42
MANO DE OBRA				16.72
Operador de Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.50	0.27	22.50	6.08
Técnico Electricista 1	0.50	0.27	24.00	6.48
Ingeniero	0.30	0.16	26.00	4.16
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				37.33
Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.25	0.13	257.60	33.49
Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.84
Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.50
G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			2.51
SUB TOTAL				117.36
IGV	18%			21.13
TOTAL				138.49

Elaboración Propia

4.2.2.2 Costo de Mantenimiento de Luminarias De 70W

Tabla N° 31: Costo de Cambio de Lámpara de 70W

Análisis de Costos Unitarios de Mantenimiento de Luminarias de 70W					
DESCRIPCION:	CAMBIO DE LÁMPARA Y EQUIPO AUXILIAR				
COSTO POR:	EQUIPO	RENDIMIENTO:	15	EQUIPO/DIA	8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.	
INSUMOS				37.37	
Lámpara de 70W	1.00	1.00	9.80	9.80	
Conjunto Balasto e Ignitor para Lámpara de 70W	1.00	1.00	27.57	27.57	
ACTIVIDADES COMPONENTES				25.30	
Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08	
Instalación/Retiro de Pastoral	2.00		3.51	7.02	
Instalación/Retiro de Luminaria	2.00		2.06	4.12	
Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	2.00		2.75	5.50	
Instalación/Retiro de Lámpara	2.00		2.58	5.16	
Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42	
MANO DE OBRA				16.72	
Operador de Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.50	0.27	22.50	6.08	

“...continuación”

Técnico Electricista 1	0.50	0.27	24.00	6.48
Ingeniero	0.30	0.16	26.00	4.16
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				37.33
Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.25	0.13	257.60	33.49
Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.84
Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.50
G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			2.51
SUB TOTAL				116.72
IGV	18%			21.01
TOTAL				137.73

Elaboración Propia

4.2.2.3 Costo de Mantenimiento de Luminarias de 150W

Tabla N° 32: Costo de Cambio de Lámpara de 150W

Análisis de Costos Unitarios de Mantenimiento de Luminarias de 15W					
DESCRIPCION:	CAMBIO DE LÁMPARA Y EQUIPO AUXILIAR				
COSTO POR:	EQUIPO	RENDIMIENTO:	15	EQUIPO/DIA	8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.	
INSUMOS					58.31
Lámpara de 150W	1.00	1.00	15.20	15.20	
Conjunto Balasto e Ignitor para Lámpara de 150W	1.00	1.00	43.11	43.11	
ACTIVIDADES COMPONENTES					25.30
Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08	
Instalación/Retiro de Pastoral	2.00		3.51	7.02	
Instalación/Retiro de Luminaria	2.00		2.06	4.12	
Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	2.00		2.75	5.50	
Instalación/Retiro de Lámpara	2.00		2.58	5.16	
Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42	
MANO DE OBRA					16.72
Operador de Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.50	0.27	22.50	6.08	
Técnico Electricista 1	0.50	0.27	24.00	6.48	
Ingeniero	0.30	0.16	26.00	4.16	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					37.33
Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.25	0.13	257.60	33.49	
Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.84	
Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.50	



“...continuación”

G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			2.51
SUB TOTAL				137.66
IGV	18%			24.78
TOTAL				162.44

Elaboración Propia

4.2.2.4 Costo de Mantenimiento de Luminarias de 250W

Tabla N° 33: Costo de Cambio de Lámpara de 250W

Análisis de Costos Unitarios de Mantenimiento de Luminarias de 250W					
DESCRIPCION:	CAMBIO DE LÁMPARA Y EQUIPO AUXILIAR				
COSTO POR:	EQUIPO	RENDIMIENTO:	15	EQUIPO/DIA	8
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.	
INSUMOS					74.59
Lámpara de 250W	1.00	1.00	21.00	21.00	
Conjunto Balasto e Ignitor para Lámpara de 250W	1.00	1.00	53.59	53.59	
ACTIVIDADES COMPONENTES					25.30
Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08	
Instalación/Retiro de Pastoral	2.00		3.51	7.02	
Instalación/Retiro de Luminaria	2.00		2.06	4.12	
Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	2.00		2.75	5.50	
Instalación/Retiro de Lámpara	2.00		2.58	5.16	
Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42	
MANO DE OBRA					16.72
Operador de Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.50	0.27	22.50	6.08	
Técnico Electricista 1	0.50	0.27	24.00	6.48	
Ingeniero	0.30	0.16	26.00	4.16	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					37.33
Camión Brazo Hidráulico con Canastilla	0.25	0.13	257.60	33.49	
Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.84	
Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.50	
G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			2.51	
SUB TOTAL					153.93
IGV	18%			27.71	
TOTAL					181.64

Elaboración Propia

4.2.2.5 Resumen de Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N° 34: Resumen de Costos por Mantenimiento

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Total S/.
1	Cambio de Lámpara y Equipo Auxiliar de 50W	1	138.49	138.49
2	Cambio de Lámpara y Equipo Auxiliar de 70W	1	137.73	137.73
3	Cambio de Lámpara y Equipo Auxiliar de 150W	1	162.44	162.44
4	Cambio de Lámpara y Equipo Auxiliar de 250W	1	181.64	181.64

Elaboración Propia

4.2.3 Costo de Consumo de Energía

Para hallar el valor del consumo de energía multiplicamos el valor de la energía de alumbrado estimada por el precio de la energía.

$$CE(\text{Soles}) = EAPE \times \text{Precio}$$

CE(Soles): costo de energía en soles

EAPE: Energía AP Estimada.

Precio: precio de kWh

Tabla N° 35: Costo de Consumo de Energía Luminarias de Vapor de Sodio

ITEM	TIPO DE LUMINARIA		Energía de Alumbrado Público Estimada (kWh)	Precio de Energía (S/kWh)	Costo de consumo de Energía (S/)
1	VAPOR DE SODIO	NA 50W	11,940	0.7180	8,573
2		NA 70W	217,835	0.7180	156,411
3		NA 150W	205,510	0.7180	147,561
4		NA 250W	91,980	0.7180	66,044
Total					378,590

Elaboración Propia

Tabla N° 36: Costo de Consumo de Energía Luminarias LED

ITEM	TIPO DE LUMINARIA		Energía de Alumbrado Público Estimada (kWh)	Precio de Energía (S/kWh)	Costo de consumo de Energía (S/)
1	LED	LED 36W	7,411	0.7180	5,321
2		LED 53W	142,534	0.7180	102,343
3		LED 107W	129,350	0.7180	92,877
4		LED 150W	49,275	0.7180	35,381
Total					235,922

Elaboración Propia

4.2.4 Resultado de Evaluación Económica

En las siguientes tablas se puede apreciar el costo acumulados calculado durante 10 años de las luminarias equivalentes de Vapor de Sodio y LED, se calculó de acuerdo a las cantidades de equipos instalados en el alimentador 102, costos de mantenimiento (de



acuerdo a la vida útil de las luminarias de vapor de sodio se tomará como referencia 2 mantenimientos en este periodo) y el costo de consumo de energía. En las siguientes tablas se muestra los valores calculados para cada tipo de luminaria.

Tabla N° 37: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 50W vs LED 36w

Costo Acumulado Durante 10 años	VAPOR DE SODIO 50W	LED 36W
Costo de Luminarias	5,041.92	39,750.25
costo de Mantenimiento (02)	13,017.76	0.00
costo de consumo de Energía (10)	85,731.47	53,212.64
Total (S/)	103,791.15	92,962.89

Elaboración Propia

Tabla N° 38: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 70W vs LED 53W

Costo Acumulado Durante 10 años	VAPOR DE SODIO 70W	LED 53W
Costo de Luminarias	65,866.81	613,136.68
costo de Mantenimiento (02)	169,130.35	0.00
costo de consumo de Energía (10)	1,564,111.91	1,023,431.25
Total (S/)	1,799,109.07	1,636,567.93

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 39: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 150W vs LED**107W**

Costo Acumulado Durante 10 años	VAPOR DE SODIO 150W	LED 107W
Costo de Luminarias	65,863.76	93,616.91
costo de Mantenimiento (02)	89,666.48	0.00
costo de consumo de Energía (10)	1,475,612.87	928,768.10
Total (S/)	1,631,143.12	1,022,385.02

Elaboración Propia

Tabla N° 40: Costo durante 10 años Luminaria Vapor de Sodio 250W vs LED**150W**

Costo Acumulado Durante 10 años	VAPOR DE SODIO 250W	LED 150W
Costo de Luminarias	21,221.56	112,336.74
costo de Mantenimiento (02)	27,246.35	0.00
costo de consumo de Energía (10)	660,440.54	353,807.43
Total (S/)	708,908.45	466,144.18

Elaboración Propia

El ahorro total de la utilización de luminarias de vapor de sodio por las luminarias led en un tiempo de 10 años asciende al 24% equivalente a S/. 1,024,891.78, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla N° 41: Costo total acumulado de luminarias de vapor de sodio vs led

Costo Acumulado Durante 10 años	VAPOR DE SODIO	LED	Ahorro S/.
Total	4,242,951.79	3,218,060.01	1,024,891.78

Elaboración Propia

4.2.4.1 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para la determinación de la rentabilidad del proyecto calculamos los indicadores VAN y TIR, con las siguientes formulas:

Cálculo del Valor Presente Neto:

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

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno:

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

Donde:

La inversión inicial es de: $I_0 = S/ 1,008,371.00$

$n = 10$ años

El flujo de caja el primer año es de S/ 180,050.00

Para el cálculo usamos una tasa de descuento de $k = 12\%$

Los costos en compra de Energía y Operación y Mantenimiento del parque de Alumbrado Público son de S/ 415,972.00 el primer año y se va incrementado de acuerdo al crecimiento del sistema.

Los beneficios de ahorro en compra de Energía son de S/ 235,922.00 por cada año.

En la siguiente tabla se presentan los costos y beneficios para cada año:

Tabla N° 42: Costos y Beneficios de Proyecto

Año	1.- Costos	2.- Beneficios	3.- Beneficios Netos Totales
Año 0	0	1,008,371	-1,008,371
Año 1	415,972	235,922	180,050
Año 2	506,737	235,922	270,816
Año 3	521,047	235,922	285,125
Año 4	535,356	235,922	299,434
Año 5	549,666	235,922	313,744
Año 6	563,975	235,922	328,053
Año 7	578,285	235,922	342,363
Año 8	592,594	235,922	356,672
Año 9	606,904	235,922	370,982
Año 10	621,213	235,922	385,291

Elaboración Propia

Tabla N° 43: Indicadores VAN y TIR

VAN 12%	TIR
662,506	25.00%

Elaboración Propia

De acuerdo a los Valores obtenidos de: VAN = 662,506 y TIR = 25%, podemos indicar que el proyecto es viable y rentable.



4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

4.3.1 Ventajas

1. **Ahorro de Energía.** - Con la comparación de las luminarias de vapor de sodio y led se demostró que las de tecnología led consumen menor cantidad de energía. El cual se relaciona con el ahorro económico el cual se verá reflejado en la facturación.
2. **Larga Vida Útil.** - De los datos que se obtuvieron de catálogos y estudios, se concluye que las luminarias de vapor de sodio tienen una vida útil de 32,000 horas en el valor más elevado y las luminarias con tecnología led llegan hasta las 100,000 horas, con lo cual podemos decir que están tienen una mayor duración.
3. **Protección del Medio Ambiente y La Salud.** - Las luminarias led al tener componentes electrónicos no generan emisiones de gases de CO₂, en cambio las luminarias convencionales utilizan para su funcionamiento diferentes gases los cual generan contaminación ambiental.
4. **Alta Eficiencia en Iluminación.** - Las luminarias led por la alta tecnología que se usa en su fabricación permite que se pueda hacer los diseños con la finalidad de que el flujo de luz de las lámparas led sean dirigidas a una dirección determinada, en cambio las luminarias de vapor de sodio no se aprovecha todo el flujo de luz.
5. **Calidad de Luz.** - Las luminarias led tienen un mejor índice de reproducción cromática en comparación con las luminarias de vapor de sodio.
6. **Ahorro en Costes de Mantenimiento.** - Las luminarias led por tener una vida útil de 100,000 horas no necesitan realizar mantenimiento tal como sucede con las luminarias de vapor de sodio, las cuales tienen que realizar cambio de la



lámpara de una vida útil de 32,000 horas, además de los otros elementos como el ignitor y el balastro.

7. **Sistema Inteligente.** - Con las nuevas tecnologías en estos tiempos todo se basa en poder controlar cualquier equipo mediante la Telegestión, las luminarias led tienen esta capacidad con lo cual se puede saber si estas están encendidas, regular el flujo de luz y ubicación donde está instalado, lo cual no se podía hacer con las luminarias de vapor de sodio ya que están no cuentan con tecnología moderna.
8. **Encendido Inmediato.** - Las luminarias led tienen un encendido rápido a diferencia de las luminarias de vapor de sodio que necesitan un tiempo para alcanzar la luminosidad completa.

4.3.2 Desventajas

1. **Elevado Costo.** - A diferencia del precio de las luminarias de vapor de sodio las luminarias led tienen un costo elevado al inicio de su instalación por ser tecnologías en proceso de implementación en el mercado.

4.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La política de eficiencia energética que se está impulsando en el Perú, hace que las empresas distribuidoras tengan una visión de ahorro energético, el cual se lograra con la utilización de nuevas tecnologías, que no produzcan impacto ambiental, además que se tenga un menor consumo de energía, los cuales se obtienen de la generación de la energía mediante recursos primarios como el gas, fuentes hídricas, carbón y los recursos renovables.

De acuerdo a los valores hallados en la comparación de las luminarias de vapor de sodio y las luminarias led, el consumo de energía se reduce en gran medida, lo que hace que se cumpla lo establecido en las políticas de eficiencia energética.



V. CONCLUSIONES

Primero. - Con el análisis y la comparación del consumo de energía de las luminarias convencionales y luminarias led, se obtuvo un consumo de 527,264 kWh en las luminarias de vapor de sodio y un consumo de 328,570 kWh en las luminarias led, alcanzando un ahorro de 198,694 kWh, el cual representa un 37.68% de ahorro de energía dejado de consumir en un año en el alimentador 102 de la ciudad de Puno. Tal como se calculó en la tabla 24.

Segundo. - El impacto económico obtenido en un periodo de 10 años, tomando en cuenta los valores de los costos de los equipos, costos de mantenimiento y costos de energía, en las Luminarias Convencionales asciende a S/. 4,242,951.79 y en las Luminarias Led S/. 3,218,060.01, lo cual nos da a conocer que se tiene un ahorro de S/. 1,024,891.78, que equivale a un 24%, en el periodo mencionado. Tal como se calculó en la tabla 46. Además de acuerdo a los Valores obtenidos del: VAN = 662,506 y TIR = 25%, podemos indicar que el proyecto es viable y rentable.

Tercero: Las Ventajas y Desventajas de la utilización de Luminarias Led respecto a las Luminarias de Vapor de Sodio son las siguientes:

Ventajas:

1. Ahorro de Energía
2. Larga Vida Útil
3. Protección del Medio Ambiente y la Salud
4. Alta eficiencia en Iluminación
5. Calidad de Luz
6. Ahorro en Costes de Mantenimiento



7. Sistema Inteligente (Telegestion)
8. Encendido Inmediato

Desventajas:

1. Elevado Costo

Cuarto. – Con la implementación de luminarias led se reduce el consumo de energía para una misma calidad de iluminación, con lo cual se cumple con la política de eficiencia energética.



VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación de las luminarias de Vapor de Sodio y las Luminarias Led, el consumo de energía eléctrica obtenido es inferior usando esta nueva tecnología, por lo tanto, es necesaria su implementación.

El ahorro económico usando esta tecnología LED, hace que en el tiempo se pueda recuperar la inversión realizada, además de mejorar la calidad en iluminación y costo en mantenimiento, por lo cual, se recomienda su uso.

Se pudo conocer las ventajas que se tiene al usar este tipo de luminarias, lo que hace que sus beneficios son en su mayoría favorables para la empresa, lo cual haría que sea responsable con el medio ambiente, cumplir las normas y políticas de eficiencia energética.

La empresa Electro Puno S.A.A., en su parque de Alumbrado Público tiene muchas perdidas en energía y con la implementación de las luminarias LED por las de Vapor de Sodio, le generaría menos perdidas, por ende, es muy importante que adquieran esta nueva tecnología.



VII. REFERENCIAS

- Álvarez, J. A. E. G. (2015). *ASÍ FUNCIONAN LOS DIODOS LEDs*.
http://www.asifunciona.com/fisica/af_leds/af_leds_5.htm
- Antonio, L., & Vega, N. (2015). Diseño de una metodología de evaluación técnico-económica de nuevas tecnologías para la iluminación de espacios exteriores de uso peatonal. *TECNURA*, 25-40.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a02>
- Electro Puno S.A.A. (2017). *MEMORIA ANUAL 2017*.
http://www.electropuno.com.pe/web/elpuadmin/res/files/2018/04/23/trans_2693.pdf
- Ereú, M. (2004). *ALUMBRADO PUBLICO: Criterios, Diseños y Recomendaciones* (Primera).
- Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid. (2015). Guia sobre Tecnologia LED en alumbrado. En *Depósito Legal: M*. <https://doi.org/M-16865-2015>
- García Fernández, J., & Boix Aragonès, O. (2004). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*.
- Hidalgo, N. (2007). *TEJEDORES DE LUZ 1886 / 2007* (1ª Edicion).
- INDALUX. (2002). *LUMINOTECNIA*.
- Instaladora Rey Peña. (2019). *QUE ES LA TELEGESTIÓN*.
<http://www.actiweb.es/instaladorareypena/telegestion.html>
- Julián, P. P., & Ana, G. (2018). *DEFINICIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO*.
<https://definicion.de/impacto-economico/>
- LEDBOX. (2018). *Las 12 grandes ventajas de la iluminación LED*.
<https://blog.ledbox.es/noticias-2/12-ventajas-iluminacion-led>
- Medrano Arias, E. A. (2010). *Rediseño e Implementación de un Sistema de Iluminación para Espacios Publicitarios usando LED*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, (2002).
- MINEM. (2014a). *Plan Energetico Nacional 2014-2025*.
- MINEM. (2014b). *The Golden Book - COP 20 - Contributions from the energy and mining sector to reduce the impact of climate change*.
- Morente Montserrat, C. (2018). *Curso on-line de iluminación*.
<https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php>



- Oscoco, F., Salazar, J., Nakama, V., & Horn, M. (2012). Evaluación Experimental De Las Características Eléctricas Y Fotométricas De Luminarias Leds. *XIX Simposio de Energía Solar y del Ambiente (XIX SPES)*, 14-16. <http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2013/01/12.pdf>
- Puga Muños, M. (2011). *VAN y TIR*. 4. <http://www.mpuga.com/Docencia/Fundamentos de Finanzas/Van y Tir 2011.pdf>
- Pulla, G. S. (2013). *Evaluación Energética del Alumbrado Público en La Ciudad de Cuenca*. 153.
- PwC. (2012). *Estudios de Impacto Económico*. <https://www.pwc.es/es/sector-publico/assets/brochure-estudios-impacto-economico.pdf>
- Saavedra, E., J. Rey, F., & Luyo, J. (2017). Sistemas De Iluminación, Situación Actual Y Perspectivas. *Revista Científica TECNIA*, 26(2), 44. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v26i2.57>
- Salinas Vera, J. I., & Sugashima Guzmán, L. P. K. (2015). *Diseño de un Sistema de Telegestión para mejorar la Obtención de Información de los Concentradores Primarios de la Empresa EDELNOR S.A.A. en los Barrancones del Callao*.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2015). *Manual de Iluminación Vial* (2da Edición).
- Serrano Tierz, A., Iturbe, A. M., Muñoz, Ó. G., & Sáenz, J. L. S. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231-239. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>
- Sevilla, A. (2017). *Tasa interna de retorno (TIR)*. <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Velayos Morales, V. (2017). *Valor actual neto (VAN)*. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de Fotometría Lumínaria de Vapor de Sodio de 50W

Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 50W



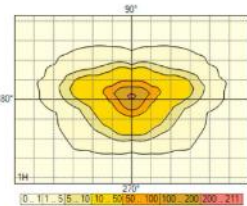
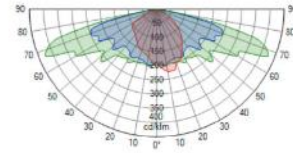
1. Aparatos

1.1. NANO 1 SON-T+ 50 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2050 -11mm / 75mm / 11° 290082



Tipo	NANO 1
Reflector	2050
Fuente	SON-T+ 50 W
Protector	Low depth bowl, Glass, Smooth
Ajustes	-11mm / 75mm / 11°
Flujo de	4,4 klm
Clase G	3

Potencia	50,0 W
Potencia	50,0 W
Eficiencia	64 lm/W
Flujo luminaria	3.203 klm
FM	0.80
Matriz	290082



Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 50W

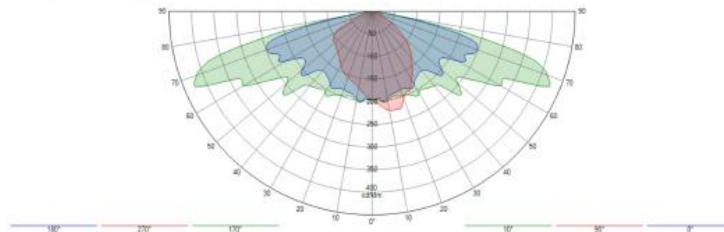


2. Documentos fotometricos

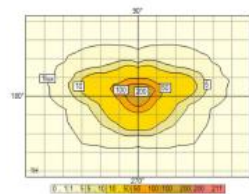
2.1. NANO 1 SON-T+ 50 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2050 -11mm / 75mm / 11° 290082

290082

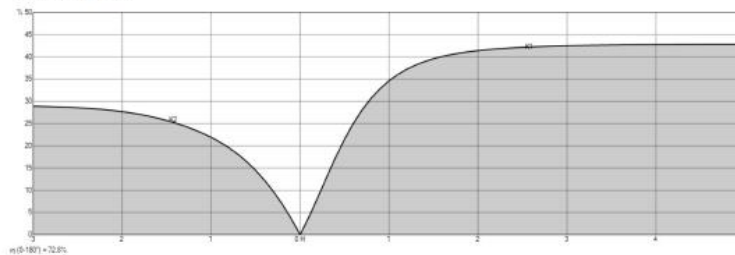
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007						
	Med (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UC (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -6.00; 1.50)	0.35	47	27	0.17	0.61	77 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -2.00; 1.50)	0.33	44	29	0.15	0.50	81 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positive					
	Med (A)(lux)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lux)	Max (lux)
Dynamic cross section	4.8	39	18	1.9	10.5

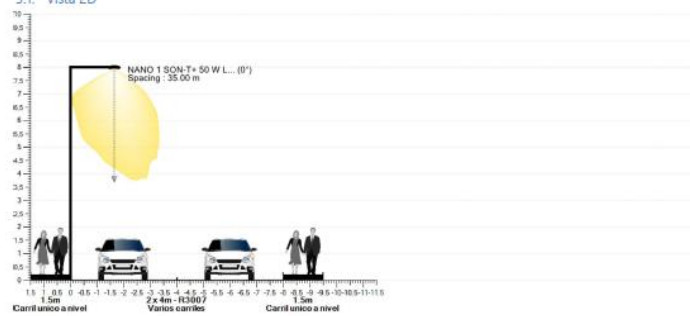
4. Summary power

4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
NANO 1 SON-T+ 50 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2050 -11mm / 75mm / 11° -290082	29	100 %	50 W	1429 W
Total :				1429 W

5. Seccion transversal

5.1. Vista 2D



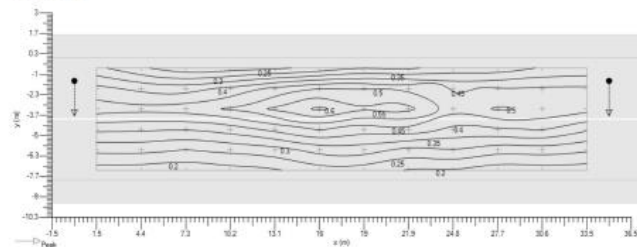
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

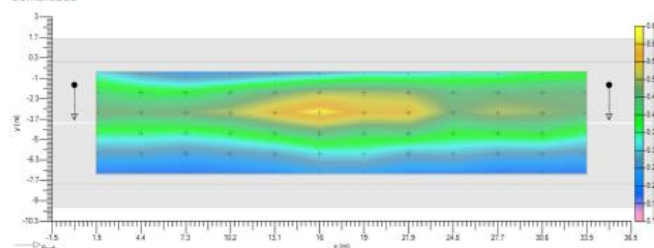
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 2: Resultados de Fotometría Luminaria LED de 36W

Proyecto : LUMINARIA LED 36W



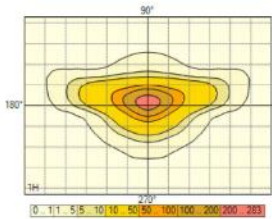
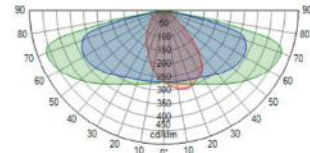
1. Aparatos

1.1. TECEO 1 32 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232



Tipo	TECEO 1
Reflector	5102
Fuente	32 LEDs 350mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Ajustes	
Flujo de	5.3 klm
Clase G	4

Potencia	36.0 W
Potencia	36.0 W
Eficiencia	123 lm/W
Flujo luminaria	4.444 klm
FM	0.80
Matriz	372232



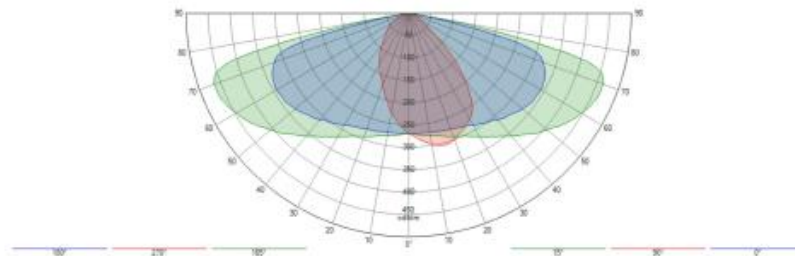
Proyecto : LUMINARIA LED 36W



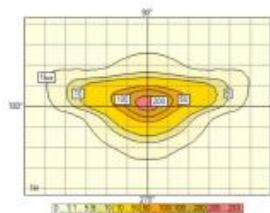
2. Documentos fotometricos

2.1. TECEO 1 32 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232

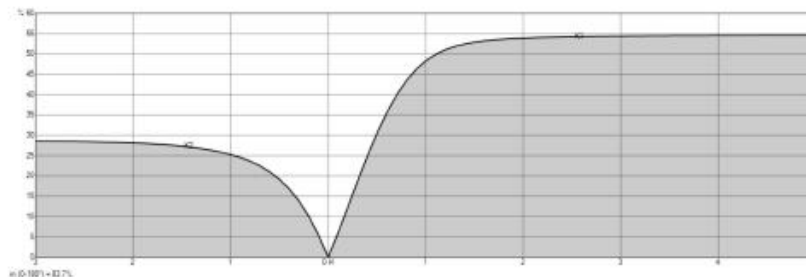
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (cd/m ²)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -6.00; 1.50)	0.57	49	31	0.28	0.90	82 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -2.00; 1.50)	0.54	46	27	0.25	0.90	76 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (lx/ta)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx/ta)	Max (lx/ta)
Dynamic cross section	8.3	39	19	3.2	17.3

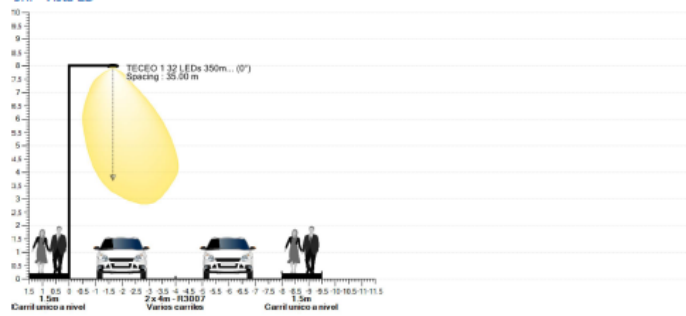
4. Summary power

4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
TECEO 1 32 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear Smooth 5102 372232	29	100 %	36 W	1029 W
Total :				1029 W

5. Seccion transversal

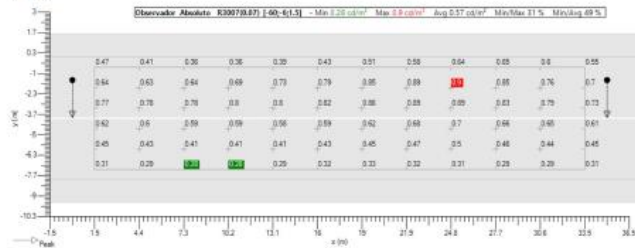
5.1. Vista 2D



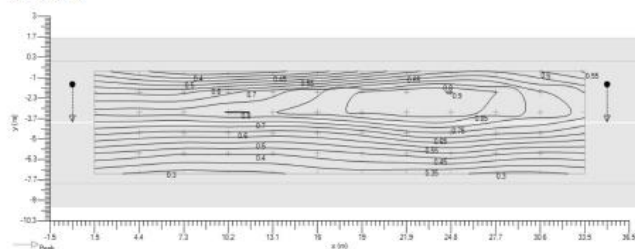
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

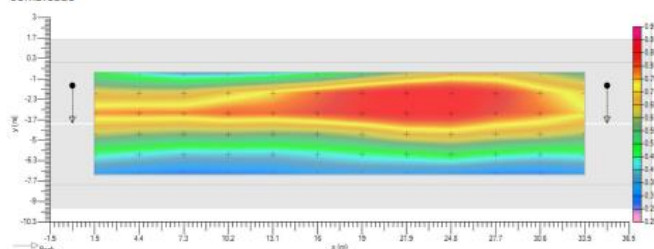
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 3: Resultados de Fotometría Lumínaria de Vapor de Sodio de 70W

Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 70W



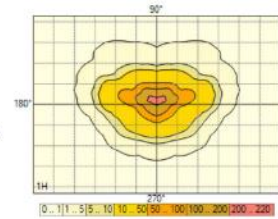
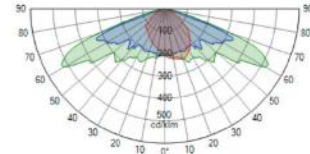
1. Aparatos

1.1. NANO 1 SON-T+ 70 W Deep bowl, PC, Smooth 2050 -22mm / 77mm / 11,5° 284053



Tipo	NANO 1
Reflector	2050
Fuente	SON-T+ 70 W
Protector	Deep bowl, PC, Smooth
Ajustes	-22mm / 77mm / 11,5°
Flujo de	6,6 klm
Clase G	3

Potencia	70.0 W
Potencia	70.0 W
Eficiencia	75 lm/W
Flujo luminaria	5.279 klm
FM	0.80
Matriz	284053

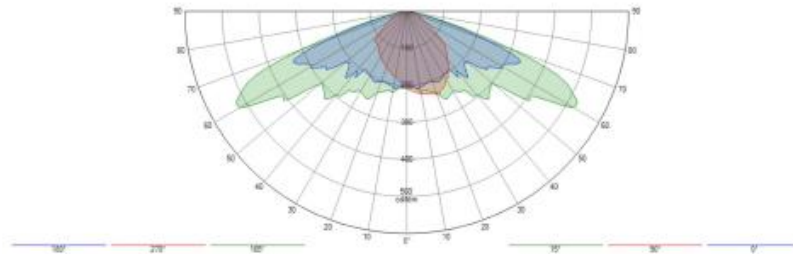


2. Documentos fotometricos

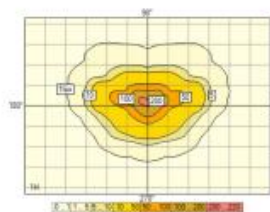
2.1. NANO 1 SON-T+ 70 W Deep bowl, PC, Smooth 2050 -22mm / 77mm / 11,5° 284053

284053

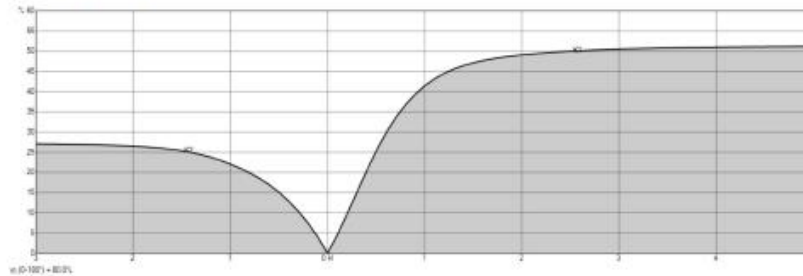
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	LT (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -7.50; 1.50)	0.55	38	18	0.21	1.15	46%
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -3.50; 1.50)	0.52	37	19	0.19	1.03	43%

Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (A)(cd) (lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	8.4	45	22	3.8	17.3

3.2. Resumen de observador

Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0.0)	6.3

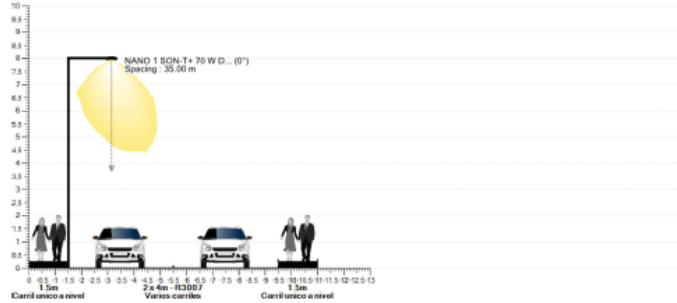
4. Summary power

4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
NANO 1 SON-T+ 70 W Deep beam, PC, Smooth 2050 -22mm / 77mm / 11.5° 284053	29	100%	70 W	2000 W
Total :				2000 W

5. Seccion transversal

5.1. Vista 2D



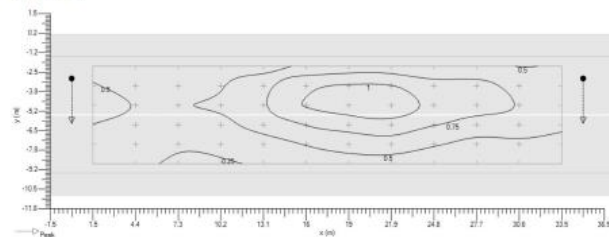
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

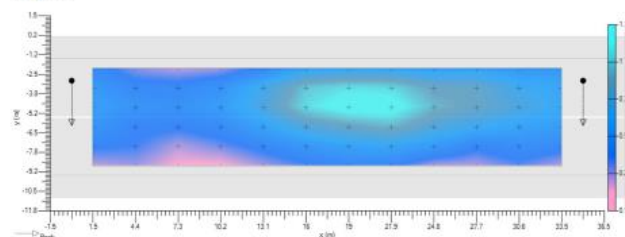
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 4: Resultados de Fotometría Luminaria LED de 53W

Proyecto : LUMINARIA LED DE 53W



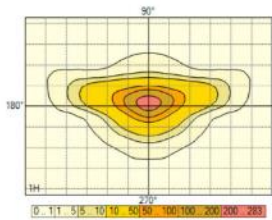
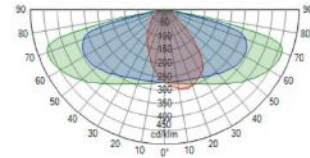
1. Aparatos

1.1. TECEO 1 48 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232



Tipo	TECEO 1
Reflector	5102
Fuente	48 LEDs 350mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Ajustes	
Flujo de	8.0 klm
Clase G	4

Potencia	53.0 W
Potencia	53.0 w
Eficiencia	126 lm/W
Flujo luminaria	6.665 klm
FM	0.80
Matriz	372232



Proyecto : LUMINARIA LED DE 53W

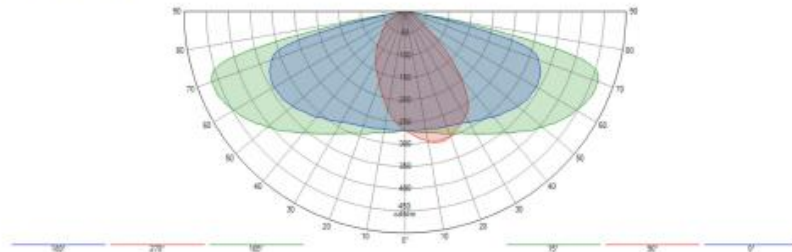


2. Documentos fotométricos

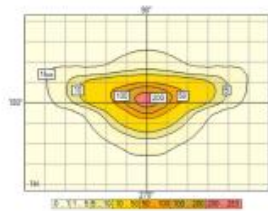
2.1. TECEO 1 48 LEDs 350mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232

372232

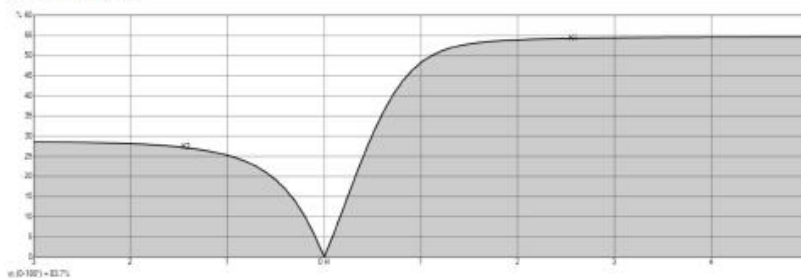
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -7.50; 1.50)	0.86	40	31	0.42	1.35	82 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -3.50; 1.50)	0.81	46	27	0.37	1.35	76 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (Klx) (lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	12.4	39	19	4.6	26.0

3.2. Resumen de observador

• Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (D.0)	9.0

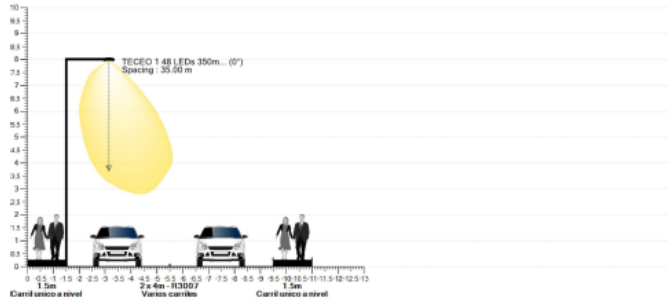
4. Summary power

4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qfy	Dimming	Potencia / Aparato	Total
TECEO 148 LEDs 150mA MW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372252	29	100 %	53 W	1514 W
Total :				1514 W

5. Seccion transversal

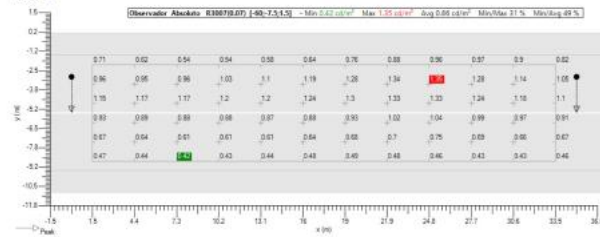
5.1. Vista 2D



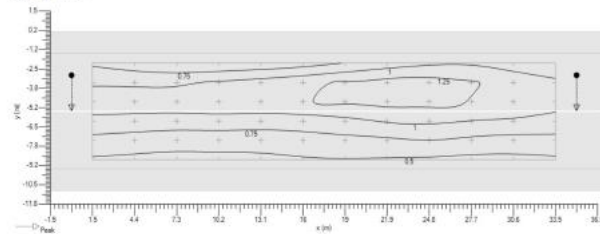
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

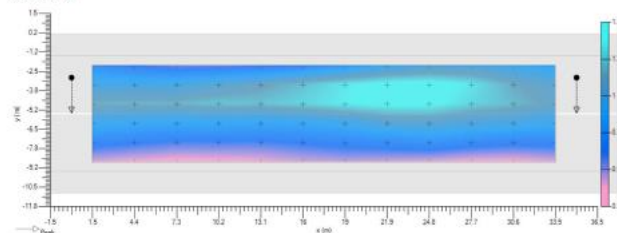
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 5: Resultados de Fotometría Luminaria de Vapor de Sodio de 150W

Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 150W



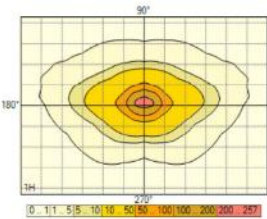
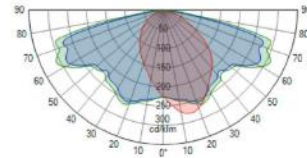
1. Aparatos

1.1. AMBAR 2 SON-T+ 150 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2005 -25mm / 120mm / 7,5° 280574



Tipo	AMBAR 2
Reflector	2005
Fuente	SON-T+ 150 W
Protector	Low depth bowl, Glass, Smooth
Ajustes	-25mm / 120mm / 7,5°
Flujo de	17.5 klm
Clase G	2

Potencia	150.0 W
Potencia	150.0 W
Eficiencia	90 lm/W
Flujo luminaria	13.517 klm
FM	0.80
Matriz	280574



Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 150W

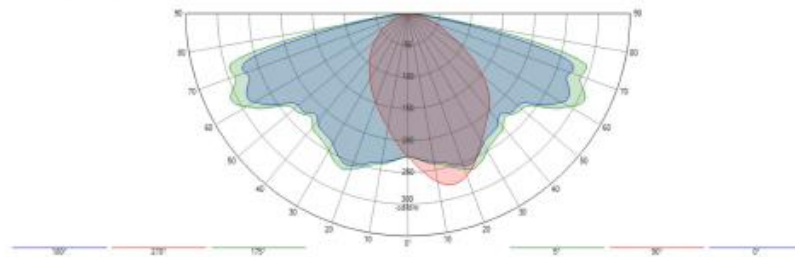


2. Documentos fotometricos

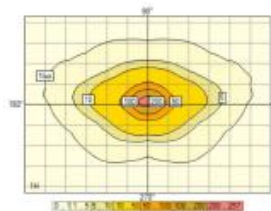
2.1. AMBAR 2 SON-T+ 150 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2005 -25mm / 120mm / 7,5° 280574

280574

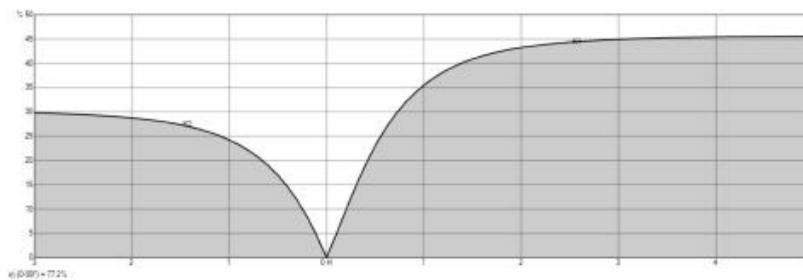
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	U _e (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00, -7.50, 1.50)	1.60	45	29	0.71	2.49	76%
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00, -3.50, 1.50)	1.51	42	26	0.64	2.46	82%

Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	21.9	49	25	10.7	42.2

3.2. Resumen de observador

Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0,0)	7.8

4. Summary power

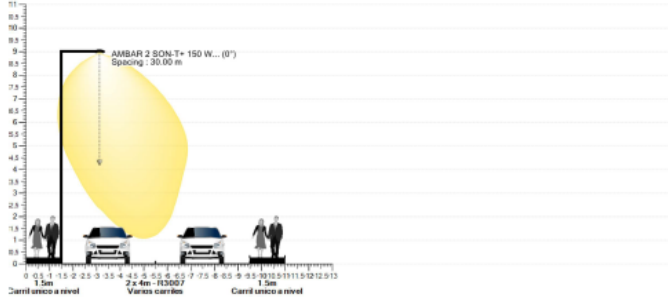
4.1. Dynamic cross section

Aparato	Qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
AMBAR 2 SON-T+ 150 W Low depth bowl, Glass, Smooth 2305 -25mm / 120mm / 135° 280534	33	100%	150 W	5000 W

Total : 5000 w

5. Seccion transversal

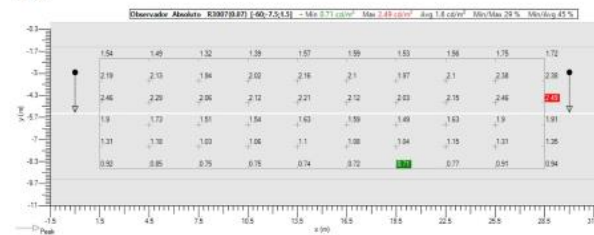
5.1. Vista 2D



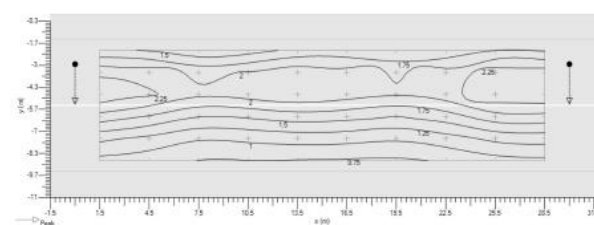
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

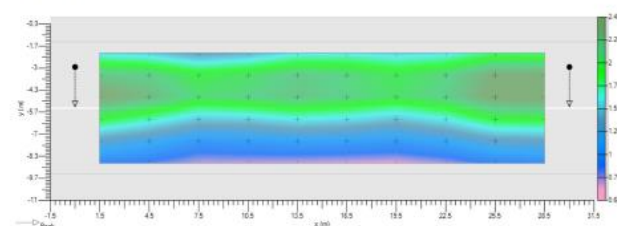
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 6: Resultados de Fotometría Luminaria LED de 107W

Proyecto : LUMINARIA LED DE 107W



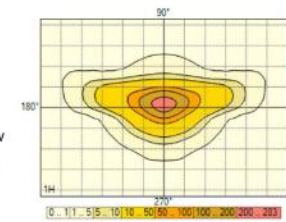
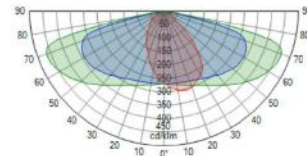
1. Aparatos

1.1. TECEO 1 48 LEDs 700mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232



Tipo	TECEO 1
Reflector	5102
Fuente	48 LEDs 700mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Ajustes	
Flujo de	14.3 klm
Clase G	4

Potencia	107.0 W
Potencia	107.0 W
Eficiencia	112 lm/W
Flujo luminaria	11.931 klm
FM	0.80
Matriz	372232



Proyecto : LUMINARIA LED DE 107W

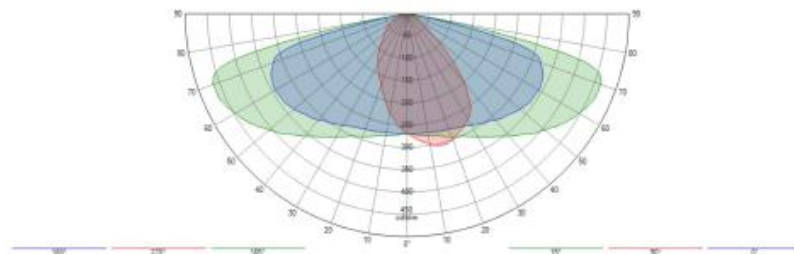


2. Documentos fotometricos

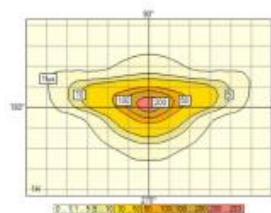
2.1. TECEO 1 48 LEDs 700mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372232

372232

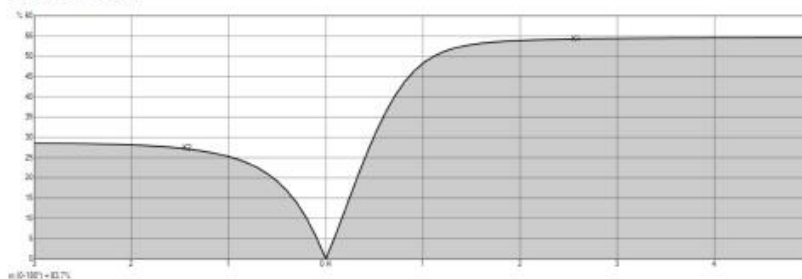
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -7.50; 1.50)	1.67	57	39	0.95	2.40	88 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -3.50; 1.50)	1.57	54	38	0.85	2.22	92 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positivo

	Med (A)(lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	23.8	56	33	13.3	39.9

3.2. Resumen de observador

• Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0.0)	7.8

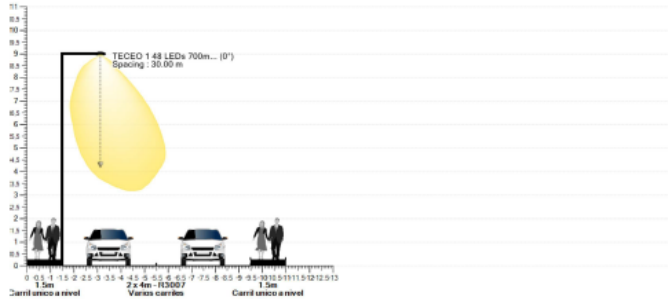
4. Summary power

4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
TECEO 148 LEDs 700mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5102 372292	33	100 %	107 W	3567 W
Total :				3567 W

5. Seccion transversal

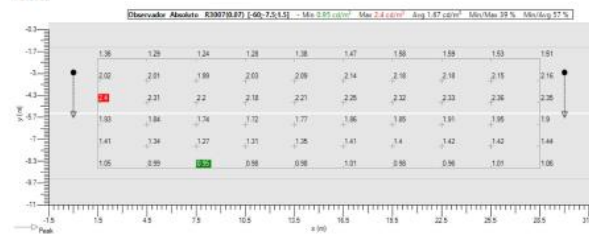
5.1. Vista 2D



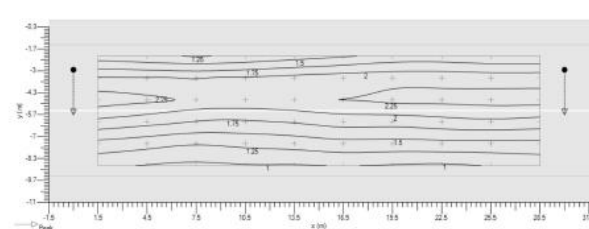
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

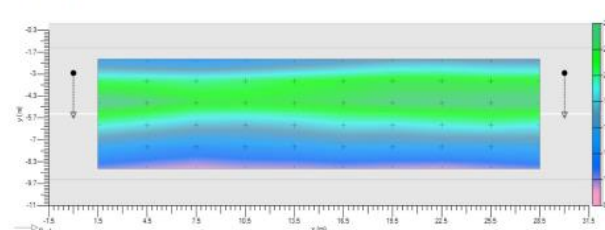
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 7: Resultados de Fotometría Luminaria de Vapor de Sodio de 250W

Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W



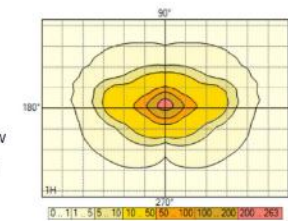
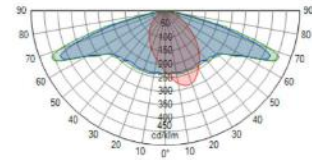
1. Aparatos

1.1. AMBAR 3 SON-T+ 250 W Low depth bowl, Glass, Smooth 1975 -25mm / 138mm / 7° 31155B



Tipo	AMBAR 3
Reflector	1975
Fuente	SON-T+ 250 W
Protector	Low depth bowl, Glass, Smooth
Ajustes	-25mm / 138mm / 7°
Flujo de	33.2 klm
Clase G	3

Potencia	250.0 W
Potencia	250.0 W
Eficiencia	103 lm/W
Flujo luminaria	25.698 klm
FM	0.80
Matriz	31155B



Proyecto : LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W

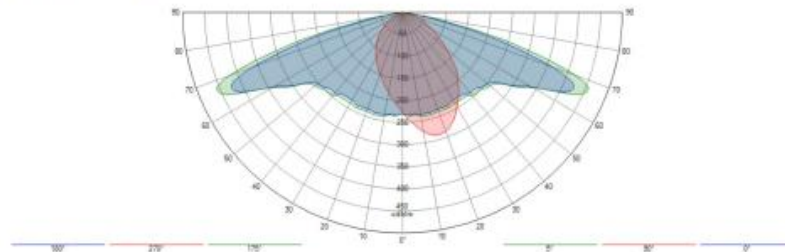


2. Documentos fotometricos

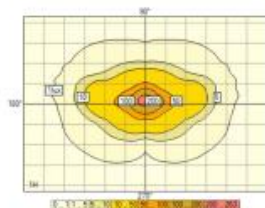
2.1. AMBAR 3 SON-T+ 250 W Low depth bowl, Glass, Smooth 1975 -25mm / 138mm / 7° 31155B

31155B

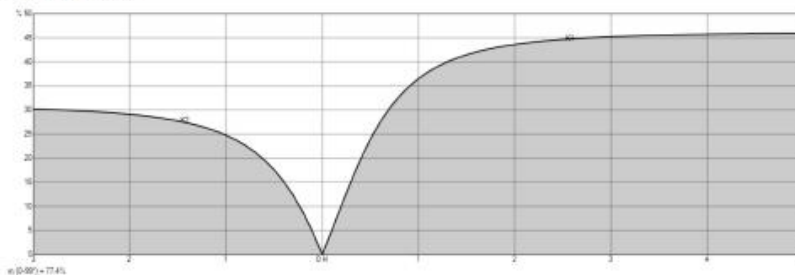
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UI (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60.00; -7.50; 1.50)	2.41	51	33	1.23	3.71	75 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60.00; -3.50; 1.50)	2.28	48	31	1.11	3.62	76 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (A)(lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	32.1	54	29	17.2	59.3

3.2. Resumen de observador

• Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0.0)	8.1

4. Summary power

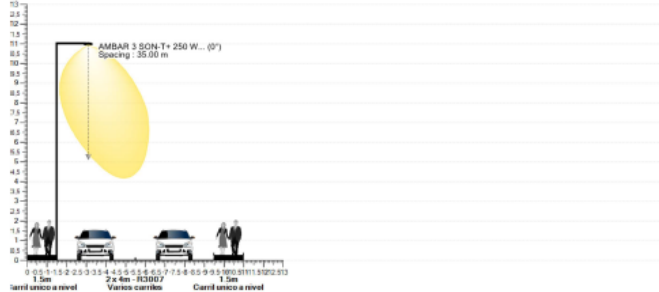
4.1. Dynamic cross section

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
AMBAR 3 SON-T+ 250 W Low depth bowl, Glass, Smooth 1975-25mm / 138mm / P' 311558	29	100 %	250 W	7143 W

Total : 7143 W

5. Seccion transversal

5.1. Vista 2D



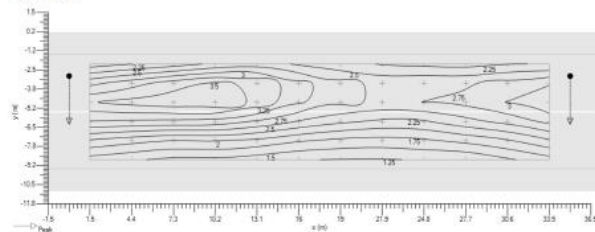
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

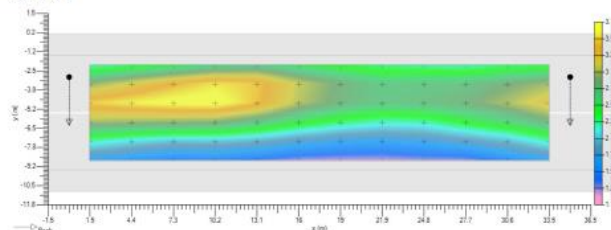
Valores



Niveles Isolux



Sombreado



Anexo 8: Resultados de Fotometría Luminaria LED de 150W

Proyecto : LUMINARIA LED DE 150W



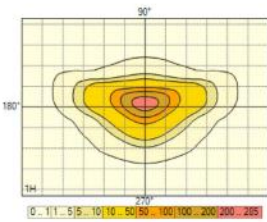
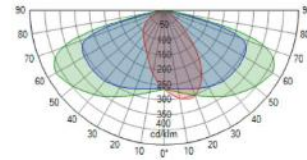
1. Aparatos

1.1. TECEO 1 48 LEDs 1000mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5147 378502



Tipo	TECEO 1
Reflector	5147
Fuente	48 LEDs 1000mA NW
Protector	Flat, Glass Extra Clear, Smooth
Ajustes	
Flujo de	20.8 klm
Clase G	4

Potencia	150.0 W
Potencia	150.0 W
Eficiencia	115 lm/W
Flujo luminaria	17.180 klm
FM	1.00
Matriz	378502



Proyecto : LUMINARIA LED DE 150W

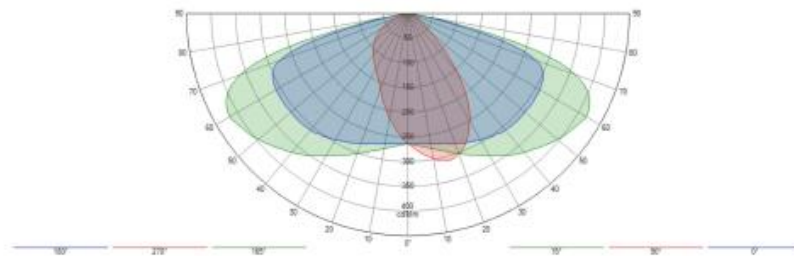


2. Documentos fotometricos

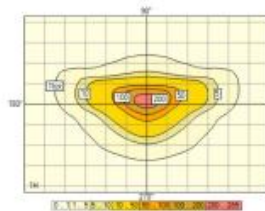
2.1. TECEO 1 48 LEDs 1000mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5147 378502

378502

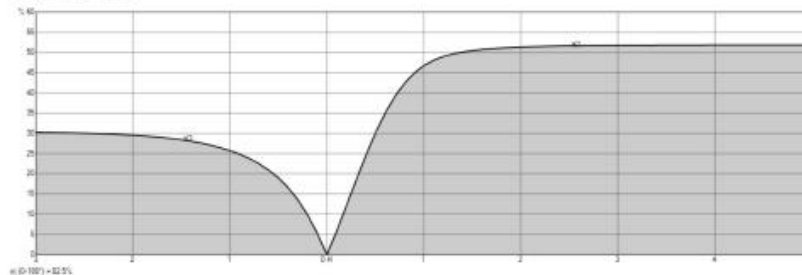
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

• Varios carriles (LU)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UI (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-600; -7.50; 150)	2.07	66	51	1.36	2.68	86 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-600; -3.50; 150)	1.96	63	49	1.23	2.53	93 %

• Varios carriles (IL)

1. Z positive

	Med (A) (lx)	Min/Max (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)
Dynamic cross section	31.3	52	32	16.3	50.6

3.2. Resumen de observador

• Varios carriles (TI)

	TI
Dynamic cross section - Direccion (0.0)	6.3

4. Summary power

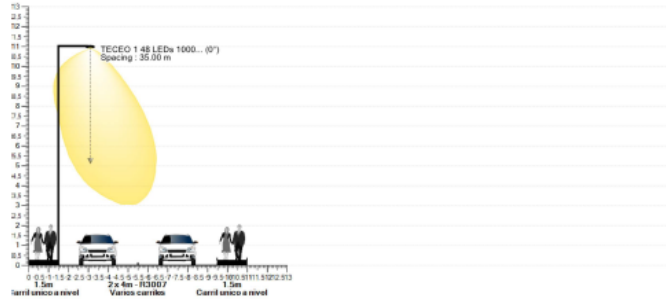
4.1. Dynamic cross section

Aparato	Qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
TECEO 1 48 LEDs 100mA MW Flat, Glass Extra Clear, Smooth S147 378502	29	100 %	150 W	4286 W

Total : 4286 W

5. Seccion transversal

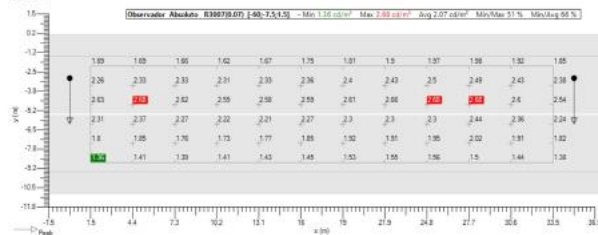
5.1. Vista 2D



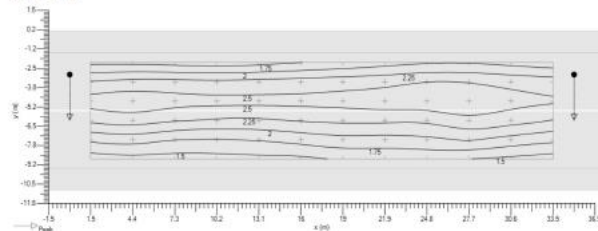
6.4. Varios carriles (LU) - R3007 - Luminancia

6.4.1. Varios carriles (LU) - Luminancia - TablaR - Observador absoluto

Valores



Niveles Isolux



Sombreado

