

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



**“CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO E  
IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS LED EN VÍAS PÚBLICAS  
CÉNTRICAS DE LA CIUDAD DE PUNO, 2019”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**OMAR ANTONY CORAHUA RIVAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

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

“CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO E
IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS LED EN VÍAS PÚBLICAS
CÉNTRICAS DE LA CIUDAD DE PUNO, 2019”

TESIS PRESENTADA POR:

OMAR ANTONY CORAHUA RIVAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

: [Signature]

M.Sc. MATEO ALEJANDRO SALINAS MENA

PRIMER MIEMBRO

: [Signature]

M.Sc. HENRY SHUTA LLOCLLA

SEGUNDO MIEMBRO

: [Signature]

Ing. OMAR LUIS NEIRA CUTIPA

DIRECTOR / ASESOR

: [Signature]

M.Sc. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA

TEMA : Instalaciones eléctricas
ÁREA : Electricidad

FECHA DE SUSTENTACIÓN 31 DE DICIEMBRE DEL 2019

## DEDICATORIA

A mis padres por regalarme la vida, heredarme sabiduría y por su constante apoyo durante mis estudios. Son mis pilares.

A mi hermana Gabriela, por sus consejos, comprensión y paciencia. Estoy seguro que lograrás tus metas.

A mi hermano Junior, por alegrarme la vida con tus travesuras.

Para una persona muy especial, por ser mi inspiración. Sé que nuestra fe, encamina cada paso en nuestras vidas.

Y para mis familiares en general, por su solidario apoyo siempre que lo necesité.

## AGRADECIMIENTO

A infinito agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por impartirme el tesoro del conocimiento y ser autores de mi formación profesional. Gracias por darme la oportunidad de estudiar mi vocación.

A mi querida madre Sadith, quien me enseñó a superar los obstáculos que se presentan en los avatares de la vida. Espero ser tu orgullo de vida.

A mi valiente padre Javier, por comprender mis decisiones y apoyarme a pesar de todo.

A mis hermanos, mis aliados por siempre.

A toda mi familia, en especial a mi tío Rene, en quien confié algunas inquietudes y por ser mi consejero. Eres mi ejemplo.

A mi abuelita Otilia, a quien siempre le tuve fe cuando estuve en situaciones difíciles; a pesar que no la conocí en vida.

A la Gerencia de Operaciones de la empresa Electro Puno S.A.A, por haber permitido mi desarrollo como profesional.

Al Ing. Freddy Bastidas, por su confianza y apoyo.

A mis amigos y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por su amistad y confianza durante los cinco años de estudio.

A los miembros integrantes del jurado calificador: M.Sc. Mateo Alejandro Salinas Mena, M.Sc. Henry Shuta Lloclla, Ing. Omar Luis Neira Cutipa, por sus recomendaciones y al M.Sc. Jose Manuel Ramos Cutipa por acompañarme en la realización del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS</b> .....	<b>14</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>18</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>18</b>
1.1. Descripción del problema .....	19
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general .....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Justificación del proyecto de investigación .....	20
1.4. Objetivos del proyecto de investigación.....	20
1.4.1. Objetivo general .....	20
1.4.2. Objetivos específicos .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>22</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
2.1. Antecedentes de investigación.....	22
2.2. Sistema de alumbrado público.....	31
2.2.1. El servicio de alumbrado público .....	31
2.2.2. Conceptos básicos de iluminación.....	32
2.2.3. Indicadores de calidad y rendimiento de AP .....	40
2.2.4. Mantenimiento en instalaciones de alumbrado público .....	41
2.2.5. Lámparas para alumbrado público .....	44
2.2.6. Índice de protección de luminarias IP .....	45
2.3. Alumbrado público con lámparas convencionales .....	47

2.3.1.	Descripción de los tipos de lámparas con tecnologías convencionales para alumbrado público .....	49
2.3.2.	Componentes de la lámpara de sodio de alta presión .....	51
2.3.3.	Características de funcionamiento .....	52
2.3.4.	Problemática en la vida de las lámparas de vapor de sodio de alta presión .....	57
2.3.5.	Luminarias .....	60
2.4.	Alumbrado público con tecnología led .....	61
2.4.1.	Historia del led .....	61
2.4.2.	Introducción a los leds .....	62
2.4.3.	Partes de un led .....	65
2.4.4.	Descripción de los tipos de lámparas con nuevas tecnologías para alumbrado público .....	66
2.4.5.	Ventajas y desventajas de los led .....	67
2.4.6.	Sistema de alumbrado led .....	69
2.4.7.	Funcionamiento de los elementos de una luminaria de tecnología led .....	71
2.5.	Análisis económico en proyectos de ingeniería .....	75
2.5.1.	Valor actual neto (VAN) .....	75
2.5.2.	Tasa interna de retorno (TIR) .....	76
2.6.	Normas legales .....	78
2.7.	Criterios de diseño de alumbrado público .....	80
2.7.1.	Niveles de iluminación recomendados .....	80
2.7.2.	Características geométricas de la instalación .....	92
2.7.3.	Criterios de calidad .....	93
2.8.	Glosario de términos básicos .....	94
2.9.	Hipótesis de la investigación .....	97
2.9.1.	Hipótesis general .....	97
2.9.2.	Hipótesis específicas .....	97

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>98</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>98</b>
3.1. Materiales .....	98
3.2. Tipo y diseño de investigación .....	100
3.3. Población y muestra de la investigación.....	101
3.4. Técnicas, instrumentos y fuentes para recolectar información.....	103
3.5. Aspectos generales .....	104
3.5.1. Ubicación.....	104
3.6. Alumbrado público con luminarias convencionales.....	106
3.6.1. Vías públicas con luminarias convencionales .....	106
3.6.2. Estado del alumbrado público antes de la implementación de la nueva tecnología 110	
3.6.3. Calidad del servicio de alumbrado público .....	115
3.6.4. Cálculo de la máxima demanda con VSAP .....	142
3.7. Alumbrado público con luminarias led .....	142
3.7.1. Simulación de alumbrado público con luminarias led.....	142
3.7.2. Cálculo de la máxima demanda con led .....	143
3.8. Consumo eléctrico y costo de energía .....	144
3.8.1. Consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias convencionales .....	144
3.8.2. Consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias led.....	146
3.9. Costo de materiales de alumbrado público.....	148
3.10. Operación y mantenimiento de luminarias convencionales .....	149
3.11. Flujo de caja neto.....	152
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>155</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>155</b>
4.1. Análisis de calidad de alumbrado público .....	155
4.1.1. Luminancia media .....	155
4.1.2. Iluminancia media .....	157

4.1.3.	Uniformidad media.....	159
4.1.4.	Eficacia luminosa .....	160
4.2.	Análisis de consumo y costo mensual de energía con la implementación de luminarias led .....	161
4.3.	Análisis de costo de operación y mantenimiento .....	162
4.4.	Análisis de ingeniería económica .....	162
4.5.	Comparación de resultados.....	164
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>165</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>167</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>168</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>174</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Deslumbramiento.....	34
Figura N° 2.2: Diagrama de cromaticidad de la CIE.....	36
Figura N° 2.3: Representación gráfica curva C-Gamma para alumbrado público .....	38
Figura N° 2.4: Representación gráfica de los componentes de la gráfica C-Gamma.....	39
Figura N° 2.5: Curva Isolux.....	39
Figura N° 2.6: Distribución espectral de la radiación emitida por una lámpara de vapor de sodio de alta presión .....	48
Figura N° 2.7: Lámpara de vapor de sodio de alta presión.....	50
Figura N° 2.8: Curva típica de mortalidad y depreciación luminosa para una lámpara de sodio de alta presión .....	56
Figura N° 2.9: Repercusión de la sobretensión sobre la potencia .....	59
Figura N° 2.10: Pérdidas de potencia equipo luz convencional .....	59
Figura N° 2.11: Principio de emisión de luz de un LED .....	63
Figura N° 2.12: Módulo led de 100W .....	64
Figura N° 2.13: Partes del LED .....	65
Figura N° 2.14: Chip de luminaria LED.....	72
Figura N° 2.15: Driver de luminaria LED .....	73
Figura N° 2.16: Placa de base de luminaria LED.....	73
Figura N° 2.17: Sistema de gestión térmica de luminaria LED.....	74
Figura N° 2.18: Lente óptico de luminaria LED .....	75
Figura N° 2.19: VAN vs tasa de interés.....	77
Figura N° 2.20: Disposición de luminarias vías simples .....	86
Figura N° 2.21: Disposición de luminarias vías dobles.....	87
Figura N° 2.22: Disposición de luminarias tramos curvos .....	88
Figura N° 2.23: Disposición de luminarias cruces .....	88
Figura N° 2.24: Disposición de luminarias óvalos .....	89
Figura N° 2.25: Disposición de luminarias vías peatonales .....	90

Figura N° 2.26: Iluminación con presencia de árboles en la vía .....	90
Figura N° 2.27: Rango medición coeficiente alrededores .....	94
Figura N° 3.1: Luxómetro.....	98
Figura N° 3.2: Receptor GPS.....	99
Figura N° 3.3: Pinza amperimétrica .....	100
Figura N° 3.4: Área de estudio .....	102
Figura N° 3.5: Ubicación del trabajo de investigación.....	105
Figura N° 3.6: Temperaturas de la ciudad de Puno año 2019 .....	106
Figura N° 3.7: Tarifa vs Costo con luminarias convencionales .....	146
Figura N° 3.8: Tarifa vs Costo con luminarias led .....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Clasificación del nivel de deslumbramiento .....	33
Tabla N° 2.2: Grados de protección IP contra agentes sólidos.....	46
Tabla N° 2.3: Grados de protección IP contra agua .....	47
Tabla N° 2.4: Características de la lámpara de sodio .....	51
Tabla N° 2.5: Vida útil promedio lámparas de descarga .....	55
Tabla N° 2.6: Lámparas de vapor de sodio a alta presión .....	57
Tabla N° 2.7: Tipos de LED .....	71
Tabla N° 2.8: Tipos de alumbrado según la clasificación vial .....	81
Tabla N° 2.9: Identificación de la calzada .....	82
Tabla N° 2.10: Luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento.....	83
Tabla N° 2.11: Uniformidad de luminancia.....	83
Tabla N° 2.12: Uniformidad media de iluminancia.....	84
Tabla N° 2.13: Valores recomendados por la CIE (1997).....	86
Tabla N° 2.14: Relación radio y altura .....	87
Tabla N° 3.1: Técnicas, instrumentos o fuentes para recolectar información. ....	103
Tabla N° 3.2: Vías públicas del área del proyecto.....	107
Tabla N° 3.3: Marcas de luminarias convencionales.....	108
Tabla N° 3.4: Marcas y potencias de las luminarias convencionales .....	109
Tabla N° 3.5: Resumen de potencias de luminarias convencionales.....	109
Tabla N° 3.6: Resumen de soportes.....	110
Tabla N° 3.7: Datos Jr. Independencia con luminaria Astro Jوسفel.....	116
Tabla N° 3.8: Datos Jr. Independencia con luminaria Philips .....	117
Tabla N° 3.9: Datos Jr. Lambayeque con luminaria Celsa.....	118
Tabla N° 3.10: Datos Jr. Lambayeque con luminaria Schröder.....	119
Tabla N° 3.11: Datos Jr. Arequipa con luminaria Astro Jوسفel .....	120
Tabla N° 3.12: Datos Jr. Arequipa con luminaria Celsa.....	121

Tabla N° 3.13: Datos Jr. Moquegua con luminaria Astro Jوسفel .....	122
Tabla N° 3.14: Datos Jr. Moquegua con luminaria Philips .....	123
Tabla N° 3.15: Datos Jr. Tarapaca con luminaria Schröder.....	124
Tabla N° 3.16: Datos Jr. Deza con luminaria Celsa .....	125
Tabla N° 3.17: Datos Jr. Pardo con luminaria Philips .....	126
Tabla N° 3.18: Datos Jr. El Puerto con luminaria Celsa.....	127
Tabla N° 3.19: Datos Jr. Andahuaylas con luminaria Celsa.....	128
Tabla N° 3.20: Datos Av. La Torre con luminaria Celsa .....	129
Tabla N° 3.21: Datos Av. La Torre con luminaria Celsa y Philips .....	130
Tabla N° 3.22: Datos Jr. Carabaya con luminaria Roy Alpha.....	132
Tabla N° 3.23: Datos Jr. Lampa con luminaria Philips .....	133
Tabla N° 3.24: Datos Jr. Lampa con luminaria Celsa .....	134
Tabla N° 3.25: Datos Av. Floral con luminarias Celsa y Astro Jوسفel .....	135
Tabla N° 3.26: Datos Av. El Sol con luminaria Celsa, Philips y Astro Jوسفel .....	136
Tabla N° 3.27: Datos Jr. Titicaca con luminaria Celsa.....	138
Tabla N° 3.28: Resumen de uniformidad media de iluminancia e iluminancia media	140
Tabla N° 3.29: Cuadro de cargas con luminarias convencionales.....	142
Tabla N° 3.30: Resumen de resultados de la simulación.....	143
Tabla N° 3.31: Cuadro de cargas con luminarias led .....	144
Tabla N° 3.32: Consumo y costo de energía con luminarias convencionales .....	145
Tabla N° 3.33: Consumo y costo de energía con luminarias led.....	147
Tabla N° 3.34: Costo de luminarias convencionales .....	149
Tabla N° 3.35: Costo de luminarias led.....	149
Tabla N° 3.36: Partidas para el mantenimiento de alumbrado público .....	150
Tabla N° 3.37: Materiales para operación y mantenimiento de AP .....	151
Tabla N° 3.38: Infraestructura Servicio Eléctrico Puno .....	151
Tabla N° 3.39: Vida útil promedio de ambas tecnologías .....	152

Tabla N° 3.40: Flujo de caja neto con luminarias convencionales.....	153
Tabla N° 3.41: Flujo de caja neto con luminarias led.....	154
Tabla N° 4.1: Luminancia media con luminarias led .....	155
Tabla N° 4.2: Iluminancia media con las dos tecnologías .....	157
Tabla N° 4.3: Uniformidad media con las dos tecnologías .....	159
Tabla N° 4.4: Eficacia luminosa con ambas tecnologías.....	160
Tabla N° 4.5: Ahorro de consumo y costo.....	161
Tabla N° 4.6: Costo de operación y mantenimiento con ambas tecnologías.....	162
Tabla N° 4.7: Flujo de caja neto incremental con ambas tecnologías .....	163

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

<b>ACRÓNIMO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
LED	Light-Emitting Diode
VSAP	Vapor de Sodio de Alta Presión
UAP	Unidad de Alumbrado Público
COB	Chip On Board
SMD	Surface Mounted Device o Dispositivo de Montaje Superficial
GPS	Sistema de Posicionamiento Global o Global Positioning System (en inglés)
DGE	Dirección General de Electricidad
m.s.n.m	Metros Sobre el Nivel del Mar
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
MINEM	Ministerio de Energía y Minas del Perú
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
IGV	Impuesto General a las Ventas
USD	Dólar de Estados Unidos

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 01: Ficha técnica luminaria 94W .....	175
ANEXO 02: Simulación Jr. Independencia .....	177
ANEXO 03: Simulación Jr. Lambayeque.....	184
ANEXO 04: Simulación Jr. Arequipa .....	191
ANEXO 05: Simulación Jr. Moquegua .....	198
ANEXO 06: Simulación Jr. Tarapacá.....	205
ANEXO 07: Simulación Jr. Deza .....	208
ANEXO 08: Simulación Jr. Pardo .....	212
ANEXO 09: Simulación Jr. El Puerto .....	215
ANEXO 10: Simulación Jr. Andahuaylas .....	222
ANEXO 11: Simulación Av. La Torre .....	225
ANEXO 12: Simulación Jr. Carabaya .....	232
ANEXO 13: Simulación Jr. Lampa .....	236
ANEXO 14: Simulación Av. Floral.....	242
ANEXO 15: Simulación Av. El Sol .....	247
ANEXO 16: Simulación Jr. Titicaca .....	255

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar en qué medida la implementación de luminarias led influye en la calidad del servicio de alumbrado público en vías públicas céntricas de la ciudad de Puno 2019, ubicada en el distrito de Puno, Provincia y Región de Puno a 3827 m.s.n.m. El tipo de investigación es descriptiva ya que se evalúa las características y parámetros eléctricos y técnicos de la materia de estudio, posteriormente se analizarán todos los datos recolectados y tratar del problema de la calidad del servicio de alumbrado público. Los materiales e instrumentos utilizados fueron un luxómetro, un Receptor GPS, Pinza Amperimétrica, de propiedad de la empresa Electro Puno S.A.A., información bibliográfica de internet, libros, mediciones, inspecciones en campo y los programas para procesar datos como DIALux 4.13, AutoCAD 2018, Microsoft Excel y Google Earth. Se tomó como muestra las vías públicas céntricas de la ciudad de Puno de los cuales se inspeccionó 812 puntos de alumbrado público los cuales representan el 5.49% del total de unidades de alumbrado público del Servicio Eléctrico Puno, el cual cuenta con 08 alimentadores. De acuerdo a los resultados obtenidos fruto del procesamiento, simulación y análisis de datos, se determinó que la implementación de luminarias led, generan ahorro en consumo y costo de energía eléctrica; al mismo tiempo que disminuye los costos de operación y mantenimiento. Por otro lado el empleo de la tecnología led para el servicio de alumbrado público de la ciudad de Puno subsana las faltas de calidad en cumplimiento de la norma técnica “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”. Cabe mencionar que las luminarias led a implementar van desde 55W a 140W y las luminarias convencionales a reemplazar van desde 70W a 250W, donde la marca Philips presenta 265 UAP.

**Palabras Clave:** Alumbrado Público, Luminaria, Led, Lámpara, Calidad.

## ABSTRACT

This research aims to determine to what extent the implementation of LED lights influences the quality of public lighting service in central public roads of the city of Puno 2019, located in the district of Puno, Province and Region of Puno at 3827 m.a.s.l. The type of research is descriptive since it evaluates the characteristics and electrical and technical parameters of the subject of study, then all the data collected will be analyzed and deal with the problem of quality of public lighting service. The materials and instruments used were a luxmeter, a GPS receiver, Amperometric clamp, owned by the company Electro Puno S.A.A., bibliographic information from the Internet, books, measurements, field inspections and programs to process data such as DIALux 4.13, AutoCAD 2018, Microsoft Excel and Google Earth. It was taken as a sample the central public roads of the city of Puno of which 812 points of public lighting were inspected which represent 5.49% of the total units of public lighting of the Electric Service Puno, which has 08 feeders. According to the results obtained as a result of data processing, simulation and analysis, it was determined that the implementation of LED lights generates savings in consumption and cost of electricity, while reducing operating costs and maintenance. On the other hand, the use of LED technology for the public lighting service in the city of Puno corrects the lack of quality in compliance with the technical standard "Lighting of Public Roads in Distribution Concession Areas". It is worth mentioning that the LED luminaires to be implemented range from 55W to 140W and the conventional luminaires to be replaced range from 70W to 250W, where the Philips brand presents 265 UAP.

**Key words:** Street Lighting, Luminaire, LED, Lamp, Quality.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el avance de la tecnología en componentes de iluminación, con la perspectiva de mejorar la confiabilidad, calidad de iluminación, disminuir costos tanto de operación como mantenimiento y contribuir con el medio ambiente, dando énfasis a las luminarias con tecnología led aplicados al servicio de alumbrado público están contribuyendo al uso eficiente de la energía eléctrica.

Actualmente la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad Electro Puno S.A.A. es una de las empresas de distribución y comercialización de energía eléctrica asimismo es la encargada de brindar el servicio de alumbrado público. Es así que a través de su Gerencia de Operaciones vela por brindar el servicio de alumbrado público y para ello a la fecha cuenta con un parque implementado con luminarias con lámparas de vapor de sodio. En ese sentido la actualización con la tecnología moderna invita a la empresa a proyectarse en los próximos años a la instalación y empleo de luminarias con tecnología led. Y como parte de esta etapa se empleará luminarias con tecnología led de 55W, 94W y 140W de la marca Celsa.

En la presente tesis se estudiará el efecto que tendrá la instalación de luminarias con tecnología led en reemplazo de las luminarias convencionales como primera etapa, dando así los inicios en la modernización del servicio de alumbrado público en la ciudad de Puno. Asimismo se propone analizar los parámetros de ambas tecnologías y tener en claro el principio de funcionamiento de los mismos. Analizar el consumo de energía eléctrica y el impacto que tendrá sobre el Servicio Eléctrico Puno de la Empresa Electro Puno S.A.A.

## **1.1. Descripción del problema**

La tecnología que se aplica al servicio de alumbrado público, una de las más importantes dentro del ámbito eléctrico, ha ido evolucionando rápidamente en los últimos años. Es así que las luminarias convencionales están siendo emplazadas poco a poco por las luminarias led; sin embargo la inversión en este rubro por parte de las empresas es minúscula.

El hecho de contar instalado luminarias con tecnología led marcará un hecho importante para la empresa Electro Puno S.A.A. en beneficio de la población y el medio ambiente; por ende para esta primera etapa de implementación el análisis será un pilar importante para posteriores procesos que coadyuvarán a la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida la implementación de luminarias led influye en la calidad del servicio de alumbrado público en vías públicas céntricas de la ciudad de Puno, 2019?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles serán los parámetros obtenidos mediante simulación del alumbrado público con luminarias led con el software DIALux y si estos cumplen con la norma técnica?

¿En qué medida la implementación de luminarias led influye en el consumo y costo de energía eléctrica?

¿Es posible determinar y comparar el costo de operación y mantenimiento del área de estudio con ambas tecnologías?

¿La implementación de luminarias con tecnología led en la ciudad de Puno justifican la inversión?

### **1.3. Justificación del proyecto de investigación**

El uso eficiente de la energía así como mantener una relación amigable con el medio ambiente es sinónimo de modernización. En el Departamento de Puno, particularmente en el distrito del mismo nombre se ha ido adoptando la tecnología led aplicado al alumbrado público, pero en pequeña escala siendo así el uso de luminarias led SMD. En este contexto este trabajo de investigación mostrará el análisis la calidad del servicio de alumbrado público mediante la implementación de luminarias led, dando así un antecedente para futuros proyectos de iluminación.

Dicho análisis permitirá orientar y fomentar la aplicación de esta tecnología. De esta manera contribuir al ahorro de la energía eléctrica, reducir los costos de operación y mantenimiento, mejorar la calidad del servicio; así como disminuir la contaminación del medio ambiente.

### **1.4. Objetivos del proyecto de investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar en qué medida la implementación de luminarias led influye en la calidad del servicio de alumbrado público en vías públicas céntricas de la ciudad de Puno, 2019.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

Simular con el software DIALux y analizar los parámetros de iluminación en cumplimiento con la norma técnica.

Analizar el comportamiento del consumo y costo de energía eléctrica con las luminarias convencionales y con la implementación de las luminarias led.

Determinar y comparar el costo de operación y mantenimiento del área de estudio con ambas tecnologías.

Determinar la justificación de la inversión de la implementación de luminarias con tecnología led en la ciudad de Puno.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de investigación

La tesis titulada: “Análisis técnico – económico para la optimización del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre aplicando luminarias con tecnología led”. En este proyecto se realiza el estudio de ingeniería en iluminación de alumbrado público considerando un caso de estudio real en la Av. Mártires 4 de noviembre de la ciudad de Juliaca, realizando estudios a las luminarias vapor de sodio de alta presión instalados actualmente y como sería el cambio al usar luminarias con tecnología LED aportando recomendaciones basadas en cálculos y pruebas de ingeniería en iluminación para obtener los mejores beneficios a la sociedad. La metodología del cálculo de ingeniería en iluminación aplicada a los 2 casos propuestos para lograr un efectivo análisis, considerando que cada caso tiene una serie de pasos en los que se aplican las normativas vigentes en Perú para poder lograr un verdadero análisis de ingeniería en iluminación. Usando el programa Visual edición profesional logramos realizar los cálculos necesarios para el análisis de cada uno de los casos propuestos, además obtuvimos los resultados de las pruebas fotométricas realizadas a la luminaria propuesta que se presentara los resultados arrojados por los cálculos para cada uno de los casos propuestos, y se realizará las comparaciones de luminarias y análisis de potencias consumidas para la facturación, costos y ventajas operativas.(Hurtado Rodrigo, 2017)

La tesis titulada: “Luminarias con lámparas ahorradoras y eficiencia del alumbrado público en el Valle del Mantaro”. La investigación tecnológica se realiza por la deficiencia del alumbrado público en zonas rurales. Se consideró el nivel de investigación cuasi experimental, con el objetivo de optimizar el funcionamiento de

luminarias con lámparas ahorradoras, para obtener un alumbrado público más eficiente en las zonas rurales del Valle del Mantaro, se utilizó el luxómetro digital ST 1000 EC, multímetro Testoterm 0500, y la wincha anotando las mediciones en las fichas de registro validado y confiable mediante Alfa de Cronbach (0,663) y juicio de expertos. La hipótesis fue: El funcionamiento de luminarias con lámparas ahorradoras mejora significativamente la eficiencia del alumbrado público en las zonas rurales del Valle del Mantaro (Hi). Se realizó la prueba t de student para los valores del método de 15 puntos, indicando diferencias de eficiencia significativa ( $m^2 \times LUX/W$ ), mayor en la lámpara LEDs (32.42), seguido de la lámpara Na (7.76) y la lámpara FLC (7.36) los mismos que cumplen la normas del MEM (iluminancia y uniformidad). Contrastada la hipótesis ANOVA, se acepta Hi y se rechaza Ho ( $\text{sig} = 0,000 \leq \alpha = 0.05$  a un nivel de 95% de confianza). Comparando las lámparas (Na, FLC y LEDs), se concluye que: Utilizando luminarias con lámparas ahorradoras LEDs se mejora la eficiencia del alumbrado público en zonas rurales del Valle del Mantaro. Así mismo el uso de lámparas LEDs en vez de lámparas de Sodio, permitirá un ahorro no menor de S/ 28 245 798 nuevos soles para 70 000 horas de utilización a la empresa Electrocentro S.A. (Lozano Núñez, 2014)

La tesis titulada: “Análisis, diseño y selección de alternativas de iluminación para alumbrado público con nuevas tecnologías”. Este trabajo de tesis tiene un alcance de valoración de las condiciones del sistema de alumbrado público en la ciudad de Lima, en el cual, se evaluará el consumo de energía eléctrica del alumbrado público y la influencia de aplicar una nueva tecnología respecto a la tecnología convencional. El enfoque para esta tesis, es proponer una renovación y mejoramiento en el alumbrado público de la ciudad, haciendo uso de nuevas tecnologías, se va a considerar una muestra representativa de un sistema de iluminación con tecnología convencional. La metodología a utilizar será realizar cálculos teóricos aplicando el método de los lúmenes, los cuales serán

comparados con simulaciones efectuadas con el software DIALux. Se realizará un análisis técnico, la posibilidad de disminuir el costo de mantenimiento y la factibilidad de recuperar la inversión por el uso de nuevas tecnologías, en el sistema de alumbrado público. Finalmente, este trabajo de tesis, propone un avance, que está orientado a optimizar la iluminación, los costos del funcionamiento adecuado y mantenimiento, asimismo, demostrar que es posible suplir la tecnología convencional para alumbrado público, que hace uso de las lámparas de vapor de sodio, por una nueva tecnología al seleccionar las lámparas led, obteniendo un impacto satisfactorio en el alumbrado público de la ciudad de Lima.(Labán Hajar, 2018)

La tesis titulada: “Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con DIALux en el sistema de alumbrado público con tecnología LED para la ciudad de Chimbote”. En el presente proyecto de investigación se buscó determinar si se obtendría una mejora de los indicadores de calidad y rendimiento de iluminación en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Chimbote, debido al uso de luminarias LED en reemplazo de las luminarias existentes de vapor de sodio de alta presión en la Av. José Pardo. Para este estudio se consideraron 3 SEDs donde se proponen instalar 60 luminarias LED en reemplazo de las luminarias existentes vapor de sodio de alta presión, para mejorar la iluminación de la Av. José Pardo y a su vez ahorrar energía. Se determinaron los niveles de iluminación respectivos para las luminarias LED proyectadas, manteniendo la actual disposición de luminarias; bilateral pareada en berma central con doble brazo y para una disposición proyectada de luminarias; combinación bilateral pareada en berma central y unilateral en calzadas diferenciadas en la Av. José Pardo. Identificando que las luminarias marca PHILIPS, modelo ROADFOCUS LARGE de 215W y ROADFOUCS MEDIUM de 108W eran las luminarias que presentaban mejores características y resultados para esta vía en lo que se refiere a luminancia, iluminancia y uniformidad

media como recomienda la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”. De los indicadores de calidad de iluminación para las luminarias LED propuestas para la Av. José Pardo, se concluyó que la actual disposición de luminarias es la más óptima para esta vía, donde se podría alcanzar una mejora de la luminancia media en las calzadas 1 y 2 de 23.2% y 24.0% respectivamente. La iluminancia media en las calzadas 1 y 2 podrían mejorar hasta un 30.7%, en las aceras 1 y 2 podrían mejorar hasta un 47.4% y 48.7% respectivamente y en la berma central podrían mejorar hasta un 47.1%. La uniformidad media en las calzadas 1 y 2 también podrían mejorar hasta un 29.9% y 29.0% respectivamente. De los indicadores de rendimiento de iluminación AP con luminarias LED, en el rendimiento lumínico no se obtendría ninguna mejora y en la eficiencia energética se podría lograr una mejora en las calzadas 1 y 2 de hasta un 52%. Todos estos resultados fueron obtenidos mediante el uso del software de iluminación DIALux, de la empresa PHILIPS. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

La tesis titulada: “Tecnología LED en un punto luz de alumbrado público para elevar la eficiencia en iluminación de la vía local comercial”. El presente trabajo como método general utilizó el método científico, tipo de investigación tecnológica, nivel experimental, diseño de investigación experimental a partir de la simulación del sistema con un diseño factorial 24; la población de estudio centrado en el alumbrado público en el tipo de vía local comercial, los modelos han sido desarrollados en el software DIALux por el autor. Con el objetivo de modificar un punto luz de alumbrado público con tecnología LED para elevar la eficiencia en iluminación de la vía local comercial, se planteó la siguiente interrogante ¿Cómo modificar la estructura de un punto luz de alumbrado público, que permita elevar la eficiencia en iluminación de la vía local comercial? La hipótesis que guio la investigación fue: Si en un punto luz de alumbrado

público se modifica su estructura con tecnología LED, entonces se eleva la eficiencia en iluminación de la vía local comercial. En el estudio se aplicó un diseño experimental con simulación, específicamente el diseño factorial. Todo el trabajo experimental que partió de la simulación del sistema en sus tres modelos: disposición central, bilateral y tresbolillo, se ha desarrollado en un punto luz de alumbrado público, con un diseño factorial  $2^4$ . Se utilizó como instrumento de recolección de datos la matriz de Yates sin replicas. De lo que concluimos que el sistema tiene el más alto rendimiento en la disposición bilateral con tecnología LED, tratamiento (-1) donde la altura del soporte, saliente sobre la calzada, ángulo de inclinación y la potencia del equipo en su nivel bajo opera con una eficiencia en iluminación de 50.15 m<sup>2</sup>.lux/W., del mismo modo el trabajo experimental arroja residuos que se encuentran entre -0.1 y 0.20, por lo que se puede considerar que no existen indicios de fallas en el procedimiento experimental con simulación, por lo tanto; concluimos que si en un punto luz de alumbrado público se modifica su estructura con tecnología LED, entonces se eleva la eficiencia en Iluminación de la vía local comercial.(Calderón Fernández, 2014)

La tesis titulada: “Análisis comparativo de HPL (High Power Led) para mejorar la vida útil de alumbrado público”. La tecnología led para muchos es el alumbrado público del futuro. Ya que es una tecnología que ahorra e ilumina mejor y es mucho más económico comparada con la luz convencional. El tiempo de vida para empezar va a durar de más de 10 años. El ahorro de energía es muy importante se llega a tener un 80% de una tecnología ecológica sus ventajas innumerables. Además, entre la tecnología led de mucha mayor calidad, lo que les hace diferentes es la calidad de la materia prima de sus componentes y en segundo lugar los niveles de potencia que podemos alcanzar. Esto es debido a la calidad del chip led que estamos manejando. Además, el diseño de las luminarias para este país y así obtener un máximo rendimiento. Primero: las instalaciones

deben de ser de 25 metros de distancia, que a más distancia genera oscuridad añadiendo de 10 metros la distancia ya quedan sombras. Aparte el tiempo de vida que es la legibilidad. Esto hace muy sustentable su adquisición máxima un año de inversión para recuperar. En Perú se está abriendo una gama de oportunidades todo por el producto de calidad. El principal objetivo al crear un prototipo de una lámpara el cual será desarrollado para mejorar es poder sustituir las lámparas convencionales de nuestro medio, ello nos permitirá ahorrar energía, como desarrollo a las nuevas tendencias tecnológicas mundiales.(Yucra Paricela, 2017)

La tesis titulada: “Implementación de un sistema de lámparas LED en el alumbrado público controlado mediante un software Primeread en el distrito de Miraflores para la Empresa Luz del Sur.”. El alumbrado público instalado en la zona de concesión de Luz del Sur está suministrado de lámparas de vapor de sodio de alta presión (SAP); este tipo de lámparas consumen demasiada energía eléctrica, tienen una vida útil no tan duradera a comparación de las lámparas tipo LED; por otro lado, también podemos mencionar que el color de las lámparas de Vapor de Sodio de alta presión para el alumbrado público son de color ámbar, este color no permite visualizar adecuadamente los espectros de color naranja y rojo. Las luminarias LED consumen aproximadamente el 60% menos de energía que las lámparas tradicionales, tienen una vida útil aproximada de 100.000 horas (7 veces más que las lámparas de sodio tradicionales SAP), la temperatura del color que emite es más blanca y agradable a los ojos, no posee elementos tóxicos y contaminantes que generarían daños en el medio ambiente Iluminar las vías de Lima con lámparas LED, resulta un buen negocio tanto para el medio ambiente como para las empresas de distribución de energía eléctrica, ya que, aunque la inversión inicial de implementar este nuevo sistema de iluminación es alta, se puede demostrar que la recuperación es posible realizarla en menos de tres años, como consecuencia del ahorro

de energía y de los mínimos costos de mantenimiento. En este proyecto de inversión planteamos las ventajas de las lámparas tipo LED sobre las lámparas de Vapor de Sodio de alta presión (SAP) usadas en el alumbrado público. Comparamos la eficacia y eficiencia de estos dos tipos de lámparas; su consumo de energía eléctrica, su vida útil, las ventajas, su bajo impacto ambiental, el costo de su mantenimiento y la rentabilidad que se genera de su aplicación. Con esto demostramos que las lámparas tipo LED son la mejor opción para el alumbrado público en la zona de concesión de Luz del Sur. Empezamos nuestro proyecto de implementación en el distrito de Miraflores y de esta manera obtuvimos la información para plantear una propuesta justificada a fin de realizar el cambio de lámparas de Vapor de Sodio de alta presión (SAP) a lámparas LED a nivel nacional. En el proyecto, también, se propone implementar un medidor electrónico con telemetría para cada subestación que controla un grupo de luminarias, para ello se emplea el software Primeread el cual permite extraer información del medidor en tiempo real y controlar a distancia el encendido, apagado; visualizar los parámetros eléctricos y de esta manera detectar de manera inmediata las fallas de alguna luminaria o en la red. En la investigación realizada, se tomaron los valores requeridos de iluminación para tres tipos de vías, se demuestra que para una vía de poco tránsito que usa lámparas de 70w de sodio de alta presión el reemplazo adecuado es de una lámpara de 25w a base de LED. Para una avenida que utiliza lámparas de sodio de alta presión de 150w, el reemplazo adecuado con lámparas de LED s de 72w; por último para una vía principal se emplea lámparas de 250W de sodio de alta presión y el reemplazo adecuado sería con lámparas de LED de 92W. Con el reemplazo de todas las luminarias, y con proyecciones del precio de la energía, del precio de las lámparas y del precio de la mano de obra, se demostró que la recuperación de la inversión dado el gran ahorro de energía que las lámparas LED presentan, se daría en menos de 4 años y de ahí en adelante el ahorro se consideraría en

utilidad para la EDE. Finalmente, con la elaboración de este proyecto de inversión se busca aportar información suficiente para futuras investigaciones relacionadas a esta oportunidad de negocio.(Pérez Nuñez & Villareal Quinto, 2016)

La tesis titulada: “Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018”. La presente investigación denominada sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018. Que tiene como objetivos demostrar los beneficios de la implementación del nuevo sistema de la iluminación LED y el ahorro en energía. Se realizó un estudio descriptivo – propositivo, puesto que se pretende proponer un cambio de sistema de iluminación de las lámparas de vapor de sodio a alta presión por uno basado en tecnología LED, a fin de hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica. Para ello, se tomó como población a la zona céntrica de morales, y a la documentación de la empresa electro oriente, los cuales fueron evaluados mediante la tabla de levantamiento de información y fichas de análisis documental, llegando a las siguientes conclusiones el costo de la energía eléctrica de acuerdo al incremento del precio de los insumos al paso de los años, tiende a subir un aumento significativo lo cual genera un mayor ahorro total a futuro, los beneficios económicos debido a la implementación de la iluminación LED podrán servir para la inversión en nuevas tecnologías que mejoren las condiciones ambientales y sociales del mundo, la iluminación a base de LED proporcionará para la población sitios de recreación, parques y jardines una mayor seguridad debido a una mejor iluminación, la zona céntrica de Morales presentará una menor índice de contaminación ya que se reducirán los desechos con componentes tóxicos como el mercurio contenidos por las lámparas de vapor de sodio a alta presión que se desechan aproximadamente cada 3 años, finalmente el consumo de la energía eléctrica del sistema de iluminación a base de

luminarias LED se reducirá en un 53% lo cual se traduce en una más eficiente utilización y en mayor conservación de los recursos.(Dávila Trigozo, 2018)

La tesis titulada: “Estudio del Servicio de Alumbrado Público del Sector Santiago, Provincia San Ignacio – Cajamarca”. El presente trabajo de investigación es realizar un estudio del servicio del alumbrado público del sector Santiago de la provincia de San Ignacio Cajamarca, en específico se enmarca la subestación E244185 alimentador QUA201, administrado por parte de la empresa concesionaria Electro Oriente S.A. Se realizaron mediciones usando equipos como el luxómetro VICTOR modelo 1010A para determinar la iluminancia por cada unidad de alumbrado público (UAP), receptor GPS (Global Positioning System) equipo que nos permitió obtener la posición real de cada punto de iluminación y así determinar las distancia, se realizó inspecciones nocturnas de alumbrado público, para determinar deficiencias típicas (DT), y en el ámbito socioeconómico se procedió a descargar del sistema integrado comercial (ISCOM) montos de facturación de alumbrado público(S/.) con su respectiva facturación de consumo (kWh) por un intervalo de un año. Con los resultados obtenidos se realizó una evaluación exhaustiva como: cálculo del indicador de calidad, cálculos de compensación por deficiencia energética en el servicio de acuerdo a su facturación kWh (0-30-100-150-300-500- mayor a 1000 hasta 5000) por cada usuario, y una evaluación de deslumbramiento con respecto al tipo de vía colectora 2 con un tipo de alumbrado III. Después de verificar las condiciones de iluminación actual de cada UAP del sector Santiago, se concluye que el sistema no cumple con la norma técnica peruana de la calidad de los servicios de alumbrado público, determinándose con ello la mala calidad de la iluminación. Se realizó también análisis para la implementación de mantenimientos, y la sustitución de las luminarias actuales de vapor de sodio de alta presión de 50 W por tecnología Light Emitting Diode (LED) de 45 W, determinándose mayor eficiencia

energética, con el uso de este tipo de luminarias, así como mayor durabilidad.(Montenegro Peralta & López Olivera, 2019)

La tesis titulada: “Mejoramiento de la gestión del servicio de alumbrado público en la Ciudad del Cusco”. Cuyo objetivo fue diagnosticar y proponer una alternativa de control de base de datos, de las instalaciones de alumbrado público y sus componentes, con relación al servicio que producen bajo condiciones reales. Según el análisis de actividades de mantenimiento correctivo el 66.0% corresponde a cambios de lámpara, el cual se incrementa con paso del tiempo, y el 9.0% a cambios de equipo auxiliar. Se pudo apreciar que la disminución de la eficiencia de las lámparas se debe a la depreciación y la polución en ese sentido se debe adoptar una política de mantenimiento óptima de acuerdo al tipo de instalaciones.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

## **2.2. Sistema de alumbrado público**

### **2.2.1. El servicio de alumbrado público**

Dentro de las diferentes definiciones podemos encontrar los siguientes:

El alumbrado público se puede definir como el servicio que tiene como alcance la iluminación de las vías públicas y zonas de libre circulación vial y peatonal, el servicio de alumbrado público es de responsabilidad de las empresas concesionarias de distribución eléctrica.(Labán Hajar, 2018)

Así también según Lara et al. (2009), el alumbrado público es el servicio consistente en la iluminación de vías públicas, parques y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

Del manera similar se tiene que el Alumbrado Público es un servicio esencial y de utilidad pública que consiste en iluminar las vías, parques y plazas, con el objeto de garantizar el desarrollo normal de actividades de la localidad y ofrecer seguridad al tránsito peatonal y vehicular durante las noches; de esta manera se contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

Asimismo se tiene que el alumbrado público es un servicio que consiste en proveer la iluminación mínima necesaria en los espacios públicos y vialidades, de forma que se garantice la seguridad de peatones y vehículos (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2015).

Por otro lado tenemos que el alumbrado público es el alumbrado de vías, parques y plazas públicas a cargo del concesionario en cumplimiento de lo establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas, el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas y la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.(Damas Niño, 2018)

### **2.2.2. Conceptos básicos de iluminación**

#### **MAGNITUDES Y UNIDADES DE MEDIDA**

##### **a) Deslumbramiento**

El deslumbramiento producido por las luminarias o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama deslumbramiento molesto a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Tabla N° 2.1: Clasificación del nivel de deslumbramiento**

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

*Fuente: (García Fernández & Boix Aragonés, 2004)*

Tomando como referencia la teoría expuesta por García & Boix (2004) de la Universidad Politécnica de Catalunya. Por otro lado, por debajo del deslumbramiento molesto se encuentra el deslumbramiento perturbador, el cual origina una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. Este indicador es considerado en las evaluaciones de deslumbramiento a través del porcentaje TI (incremento de umbral)

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde  $L_v$  es la luminancia de velo equivalente y  $L_m$  es la luminancia media de la calzada.

**Figura N° 2.1: Deslumbramiento**

*Fuente: (Segama Salvatierra, 2017)*

**b) Flujo luminoso**

Potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada, según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm). (Villatoro Hernández, 2012)

**c) Iluminancia**

Según el Manual de iluminación eficiente, la iluminancia es el registro del flujo luminoso sobre una superficie definida. Su unidad de medida es el lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) y se representa con símbolo (E).

**d) Índice de reproducción de color (IRC, colour rendering index o CRI en inglés)**

Es la medida cuantitativa propia de cada fuente luminosa que indica la capacidad de reproducir fielmente los colores de los objetos. El índice varía entre 0 y 100, siendo 100 el valor de la fuente de luz patrón. (Segama Salvatierra, 2017)

**e) Luz**

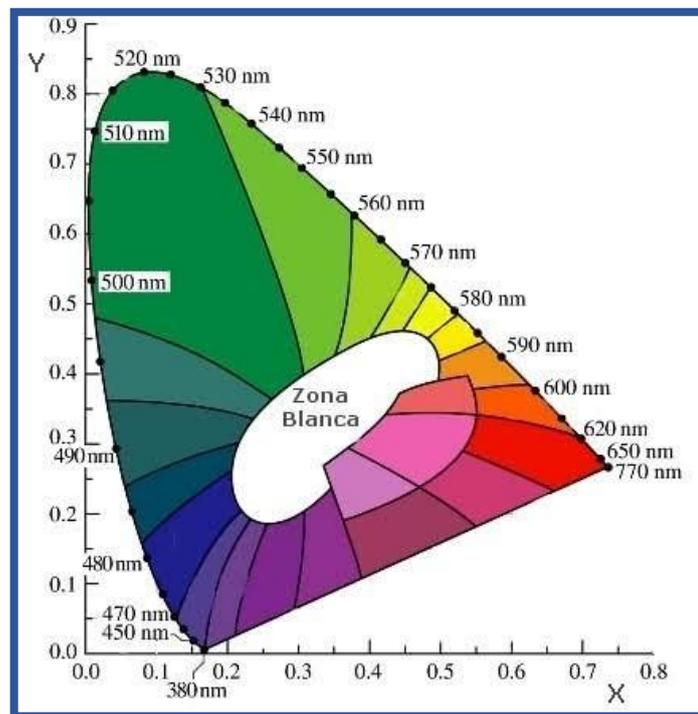
La luz es una forma de energía luminosa formada por ondas electromagnéticas que son captadas por los ojos, produciendo el efecto de la visión, estas ondas hacen uso de un segmento del espectro electromagnético. El rango de la radiación visible al ojo humano se encuentra entre los 380 y 780 nanómetros.(Labán Hajar, 2018)

**f) Temperatura de color**

Es un parámetro cromático relacionado con la tonalidad de la luz emitida por una fuente luminosa, su unidad de medida es el kelvin (K). En la Figura N° 2.2 se muestra el diagrama cromático definido por la comisión internacional de iluminación (CIE), Commission internationale de l'éclairage en francés. La luz es cálida para temperaturas menores a 3300K; la luz es neutra para temperaturas entre 3300K y 5000K; y la luz es fría para temperaturas mayores a 5000K.(Segama Salvatierra, 2017)

El tono de los LED blanco viene expresado precisamente en grados kelvin. Una temperatura superior significa un color de emisión blanco azulado.(Lara López, Mondragón Cruz, & Santiago Bautista, 2009)

En 1931, la Comisión Internacional de la Iluminación - CIE por sus siglas en francés, definió los colores visibles por el ojo humano de forma objetiva. Para esta clasificación realizó el gráfico que se muestra, en una especie de parábola en dos dimensiones, donde las coordenadas (x, y) definen cualquier color de forma inequívoca. Cuando una empresa u organismo desea referirse a un color determinado, indica las coordenadas (x, y) de la CIE y queda perfectamente determinado el color al que se refiere.(Calderón Fernández, 2014)

**Figura N° 2.2: Diagrama de cromaticidad de la CIE**

*Fuente: LENK (2011)*

### g) Intensidad luminosa

La intensidad se mide en candelas (cd) y su símbolo es (I). El flujo luminoso da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente, por ejemplo, una lámpara emite en todas las direcciones del espacio. Por el contrario, si es un proyector, es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que es necesario conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso se define la intensidad luminosa. (Villatoro Hernández, 2012)

### h) Luminancia

Densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. (Villatoro Hernández, 2012)

Se mide en candelas por superficie ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) y se representa con el símbolo (L).

**i) Eficacia luminosa o rendimiento lumínico**

Expresa la relación que existe entre el flujo luminoso que emite una bombilla y la potencia eléctrica consumida. Su unidad de medida es el lumen por vatio (lm/W). (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

*Eficacia = Lumenes emitidos por la bombilla / Potencia de la bombilla*

**j) Eficiencia energética del alumbrado público**

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

$$\varepsilon = (S * E_m) / P \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

$\varepsilon$  = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m<sup>2</sup>\*lux/W)

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

S = Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

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

**DIAGRAMAS Y GRÁFICOS**

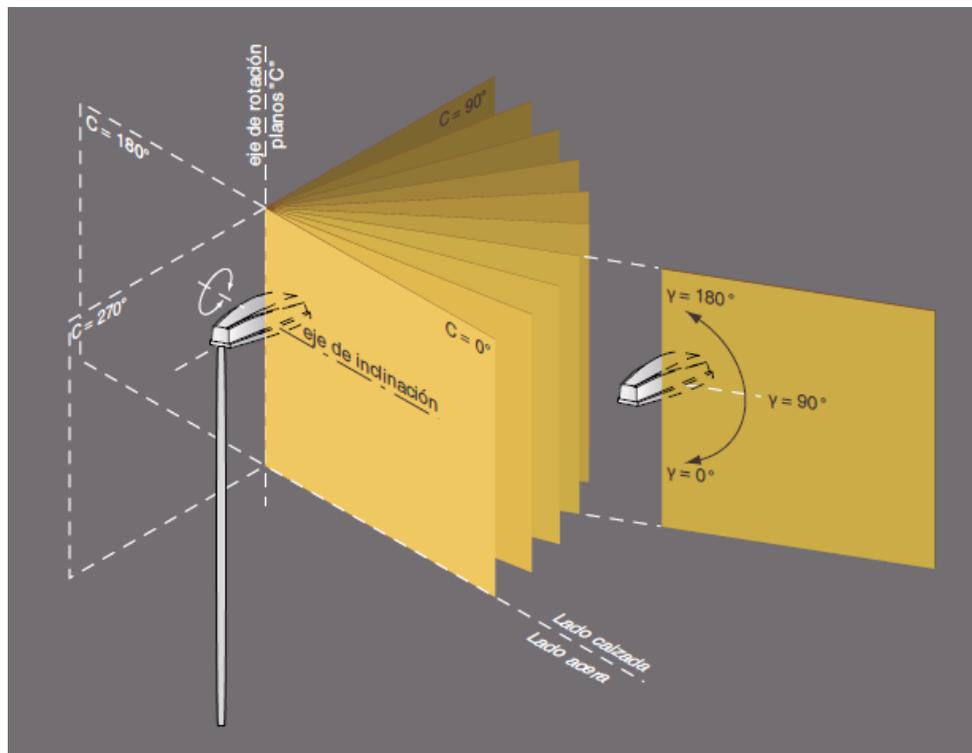
A continuación veremos los graficas más habituales en luminotecnica:

**a) Diagrama Polar o Curvas de Distribución Luminosa**

Las curvas fotométricas de iluminación pueden ser representadas a través de las coordenadas C y Gamma (ver Figura N° 2.3), también llamado diagrama polar.

Esta información propia de cada luminaria es proporcionada por el fabricante.

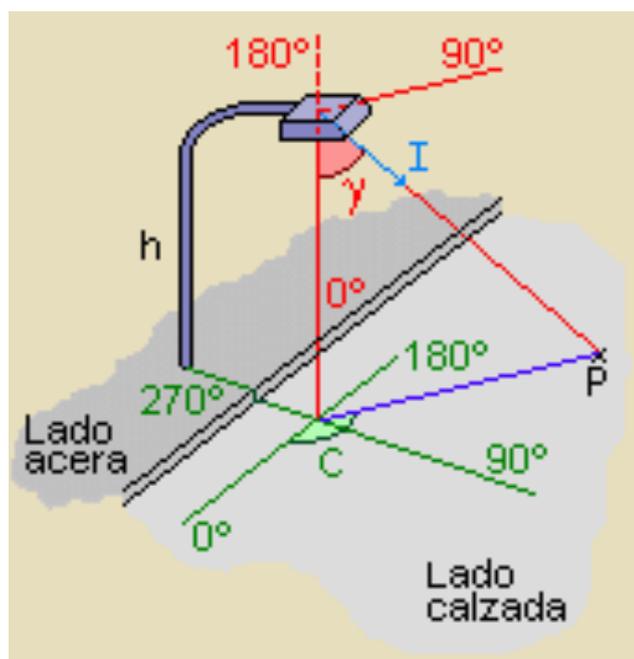
**Figura N° 2.3: Representación gráfica curva C-Gamma para alumbrado público**



*Fuente: Manual de iluminación INDALUX (2002).*

En los gráficos C- Gamma la intensidad luminosa se representa en tres coordenadas (I, C y  $\gamma$ ): I representa la intensidad luminosa en candelas e indica el valor del vector; C indica el plano de referencia y  $\gamma$  mide el ángulo de inclinación respecto al eje vertical (ver Figura N° 2.4).

**Figura N° 2.4: Representación gráfica de los componentes de la gráfica C-Gamma**

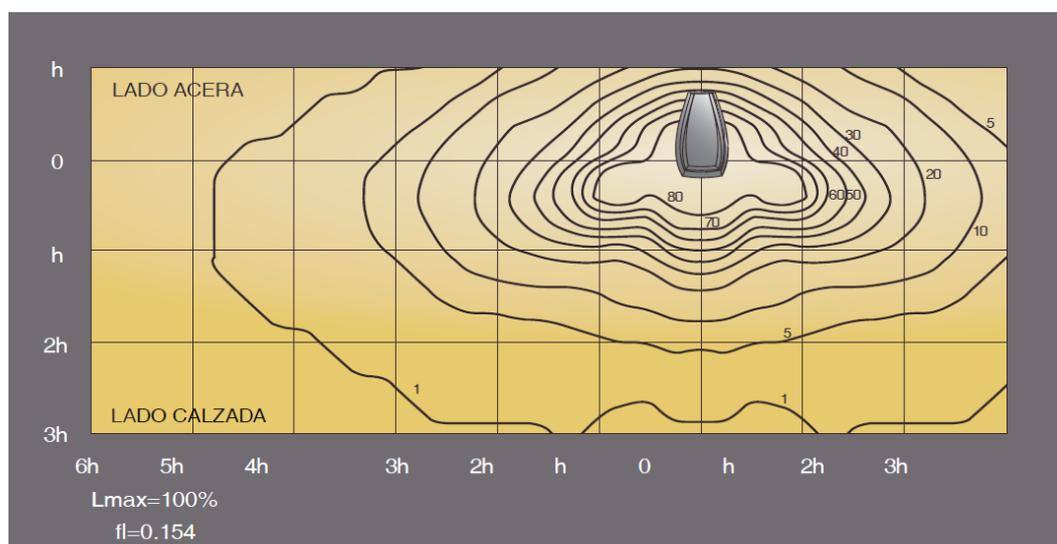


*Fuente: (García Fernández & Boix Aragonés, 2004)*

**b) Curvas isolux.**

Las curvas Isolux vienen a ser la proyección de los puntos de igual iluminancia sobre una superficie determinada (ver Figura N° 2.5). La unidad de medida es el lux (lx).

**Figura N° 2.5: Curva Isolux**



*Fuente: Manual de iluminación vial (2015)(Segama Salvatierra, 2017)*

### 2.2.3. Indicadores de calidad y rendimiento de AP

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad y rendimiento de iluminación en el alumbrado público. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

Teniendo en cuenta esto, podríamos definir los indicadores de alumbrado público como: el conjunto de herramientas que nos permiten conocer y comparar las instalaciones entre sí, además de facilitarnos de una manera fácil, fiable y factible su eficacia energética y el grado de cumplimiento normativo, sin menoscabo de la calidad lumínica. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

Para los sistemas de alumbrado público, podemos dividir los indicadores en dos tipos: indicadores de la calidad del alumbrado e indicadores del rendimiento de las instalaciones.

#### ❖ Indicadores de la calidad del alumbrado:

Parámetros como la luminancia e iluminancia media, la uniformidad. Serán aquellos que nos permitirán evaluar la calidad de la iluminación del alumbrado público.

#### ❖ Indicadores del rendimiento:

Como la Eficacia luminosa y la eficiencia energética.

### **Uniformidades**

La iluminación óptima, se obtiene cuando la uniformidad de las luminarias de la calzada, es tal que las condiciones de visión del conductor no se modifican según el punto examinado y cuando en condiciones normales de circulación, la visión no resulta molesta, debido a las alternancias de sombra y claridad.

Las uniformidades, tanto de luminancias como de iluminancias de las calzadas, son fundamentales para conseguir los efectos de silueta definidos anteriormente, quedando definidas según el caso de que se trate, en los siguientes términos:

- Uniformidad media de iluminación,  $Um = Emin/Emed$
- Uniformidad general,  $Ug = Emin/Emax$
- Uniformidad global de luminancia,  $Uo = Lmin/Lmed$
- Uniformidad longitudinal de luminancia,  $Ul = Lmin/Lmax$  en el eje longitudinal de la calzada.
- Uniformidad transversal de luminancia,  $Ut = Lmin/Lmax$  en el eje transversal de la calzada.
- Uniformidad extrema de luminancia,  $Ue = Lmin/Lmax$  (casi no se utiliza). (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

#### 2.2.4. Mantenimiento en instalaciones de alumbrado público

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado público, se modifican y degradan a lo largo del tiempo. Un uso correcto y un buen mantenimiento permitirán conservar la calidad de las instalaciones, asegurar el mejor funcionamiento posible y lograr una eficiencia energética aceptable. (Montenegro Peralta & López Olivera, 2019)

Para Villatoro (2012). Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado público, se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.

- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
- El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas. Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

Las instalaciones de alumbrado público, son sometidas a los agentes atmosféricos, riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, las funciones más importantes del alumbrado público es la seguridad vial, peatonal y de los bienes, donde estas obligan a establecer un correcto mantenimiento.

#### **a. Mantenimiento preventivo**

Debe determinar las acciones para evitar o eliminar las causas, las fallas potenciales del sistema y prevenir su ocurrencia mediante la utilización de técnicas de diagnóstico y administrativas que permitan su identificación.(Montenegro Peralta & López Olivera, 2019)

Villatoro. (2012), dice que las técnicas de diagnóstico se deben considerar de la siguiente manera:

- Las mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red de los perfiles de tensión.
- La medición de los parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes.
- Las mediciones fotométricas deben permitir obtener parámetros como uniformidad general de niveles de luminancia/iluminancia de la calzada ( $U_0$ ), uniformidad longitudinal sobre la calzada ( $U_l$ ), que permitan medir la calidad de la iluminación.

Para programar los trabajos de mantenimiento en una vía, se deben comparar los valores de iluminación medidos con los valores de iluminación promedio dada en la norma técnica dirección general de electricidad (DGE) “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” que sean requeridos de acuerdo a la clase de iluminación asignada a la vía.

#### **b. Mantenimiento correctivo**

Consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible con el desempeño, para el que fueron diseñadas.

Según Villatoro (2012) la ejecución del mantenimiento correctivo, es importante tener en consideración los siguientes aspectos, principalmente en lo que tiene que ver con lámparas y luminarias:

- Reemplazar las lámparas y, en donde sea necesario, los equipos auxiliares y cerciorarse que el casquillo de la lámpara esté perfectamente adaptado al porta lámpara.
- Revisar el encendido y apagado, el correcto funcionamiento del dispositivo de encendido para alumbrado público, detectar fallas eléctricas y daño accidental.
- Limpiar las lámparas, el conjunto óptico de las luminarias Realizar el mantenimiento mecánico y eléctrico (accesorios de alumbrado y sistema de distribución).
- Coordinar con las entidades municipales competentes la poda de los árboles circundantes a los equipos de iluminación, para despejar el cono de intensidad máxima de cada luminaria.

#### **c. Factor de mantenimiento**

Para Villatoro (2012) El factor de mantenimiento ( $f_m$ ) es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva.

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} \dots\dots\dots (2.3)$$

El factor de mantenimiento será siempre menor que la unidad ( $F_m < 1$ ), e interesará que resulte lo más elevado posible, para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- El tipo de lámpara, depreciación del flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo.
- La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento.
- La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria.
- La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.
- El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

### **2.2.5. Lámparas para alumbrado público**

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

## CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO

Las lámparas para alumbrado público deben caracterizarse por diferentes cualidades que son necesarias e impuestas para el funcionamiento de las mismas, para esto se considera las siguientes características esenciales:(Chocho Rivas & Yunga Matute, 2014)

**Eficacia luminosa:** Es la “relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (lámpara) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W)”. Tener una buena eficacia luminosa disminuye el costo de la instalación y los gastos de explotación o funcionamiento, evitando pérdidas y gastos excesivos para el mantenimiento de las lámparas.

**Duración de la vida económica:** Es el tiempo de vida óptima, obteniendo el precio más bajo del lumen por hora (lm/h), este tiempo de vida depende de factores técnicos tales como:

- a) El tiempo de duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de instalación y de utilización.
- b) El flujo luminoso de la luminaria y su evolución en el transcurso del tiempo.

### 2.2.6. Índice de protección de luminarias IP

Este indicador clasifica a las luminarias según el nivel de protección con el que cuentan los equipos eléctricos contra agentes externos tales como penetración de cuerpos sólidos y/o penetración de agua.(Segama Salvatierra, 2017)

Según la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), el índice de protección está formado por la sigla IP (Ingress Protection) seguido de dos valores (IPxy). En la Tabla

N° 02 se muestran los valores de la protección contra agentes sólidos (x) y en la Tabla N° 03 se muestran los valores de la protección contra agua (y).(Segama Salvatierra, 2017)

**Tabla N° 2.2: Grados de protección IP contra agentes sólidos**

Valor x	Grado de Protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	Sin protección	Sin protección particular
1	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm
2	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm
3	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 2.5 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2.5 mm
4	Protección contra los cuerpos sólidos de más de 1 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm
5	Protección contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Con total protección contra el polvo	Ninguna entrada de polvo

Fuente: Manual de iluminación vial (2015)

**Tabla N° 2.3: Grados de protección IP contra agua**

Valor y	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	Sin protección.	Sin protección particular
1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberá tener efectos perjudiciales.
2	Protección contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente esta inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal.
3	Protección contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales.
4	Protección contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales.
5	Protección contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales.
6	Protección contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con agua de mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales.
7	Protección contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerja la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales.
8	Protección contra la inmersión prolongada	El equipo adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante.  Nota: Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente sellado. No obstante para ciertos tipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero sólo de manera que no produzca efectos perjudiciales.

*Fuente: Manual de iluminación vial (2015)*

### 2.3. Alumbrado público con lámparas convencionales

La tecnología del alumbrado público convencional que actualmente ilumina las vías de acceso vehicular, son puntos luz con lámparas de vapor de sodio del alta presión; esta tecnología convencional que por el momento predomina en la actualidad desplazó a las lámpara de vapor de mercurio de baja presión por ser mayor su eficacia, ósea mayores

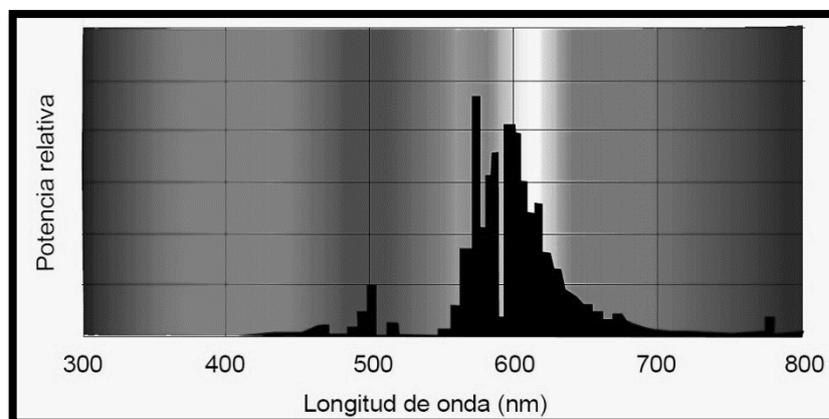
lúmenes por vatio instalado. A continuación una breve descripción de la operatividad de la tecnología convencional en el alumbrado público:

### Equipo emisor de luz convencional

Donell (s.f.), dice que la lámpara de sodio de alta presión radia en todo el espectro visible, en contraste con las lámparas de sodio de baja presión, que solo radia el doblete D del sodio en 589 nm. Las lámparas de sodio estándar, con una presión del sodio entre 5 a 10kPa, poseen en general una temperatura de color entre 1900 a 2200 K y un índice de rendimiento de color de 22. A medida que la presión del sodio aumenta por arriba de 27 kPa, la línea de radiación D (589 nm) del sodio es absorbida por el gas circundante más frío y reemitida como un espectro casi continuo ambos lados de la líneas D, haciéndose estas cada vez más débiles. Esto resulta una región "negra" más débil de 20 nm de ancho en la zona de 589 nm, como se observa en la figura N° 2.6.

Incrementando la presión del vapor de sodio incrementa el porcentaje de longitudes de onda larga emitidas, mejora el índice de rendimiento de color hasta un valor de 65, aunque la eficacia y la vida disminuyen.(Calderón Fernández, 2014)

**Figura N° 2.6: Distribución espectral de la radiación emitida por una lámpara de vapor de sodio de alta presión**



*Fuente: (Donell, s.f.)*

### **2.3.1. Descripción de los tipos de lámparas con tecnologías convencionales para alumbrado público**

#### **Lámparas de descarga de alta intensidad**

Las lámparas de descarga funcionan con un dispositivo (balastro) que limita la corriente que lo atraviesa. Las lámparas de vapor de sodio en alta presión, aditivos metálicos y de vapor de mercurio son algunas lámparas de descarga de alta intensidad.(Damas Niño, 2018)

##### **a) Lámpara de vapor de mercurio de alta presión**

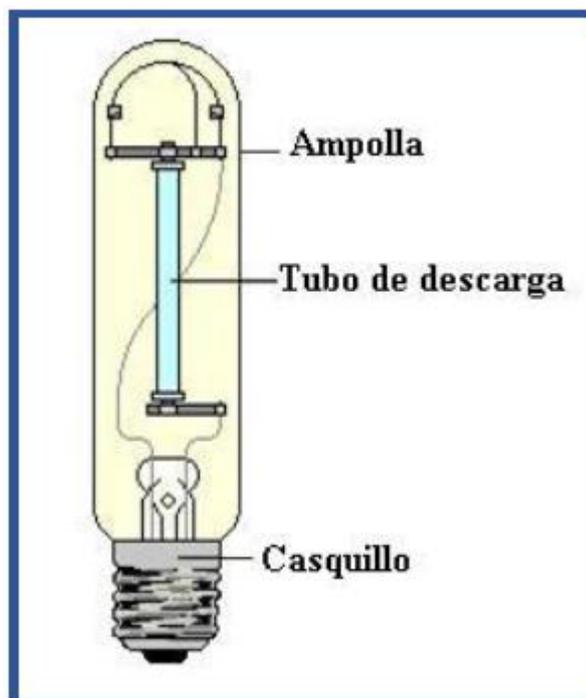
Esta lámpara contiene un tubo de descarga que está compuesta de haluros metálicos y mercurio, los haluros metálicos se evaporan a una temperatura determinada cuyo vapor se disocia con la zona central caliente del arco de halógeno y metal, lo que permite obtener un aspecto apropiado para la iluminación. Son utilizados para el alumbrado ornamental, dado que son lámparas contaminantes su uso es limitado.(Chocho Rivas & Yunga Matute, 2014)

##### **b) Lámpara de vapor de sodio a alta presión**

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión son más eficientes que las lámparas de sodio de baja presión, ya que contiene una gran cantidad de sodio en su interior, además este tipo de lámpara contiene mercurio y xenón para facilitar el encendido, esto hace que mejore la calidad de flujo luminoso. Para el encendido de las lámparas de sodio de alta presión se utilizan equipos auxiliares como: arrancador, inductancia como estabilizador de la corriente y un condensador para el f.d.p (factor de potencia). (Chocho Rivas & Yunga Matute, 2014).

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 5000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento. Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ( $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. Las lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión, son lámparas de descarga y requieren de un largo tiempo para un reencendido y alcanzar su máxima luminosidad después de una falla en el suministro. (Lara López et al., 2009)

**Figura N° 2.7: Lámpara de vapor de sodio de alta presión**



*Fuente: (Lara López et al., 2009)*

**Tabla N° 2.4: Características de la lámpara de sodio**

	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión
Potencia	18-200	35 – 1 000
Flujo Luminoso	2 000- 30 000	1 500 -150 000
Eficacia Luminosa	120-180	95 – 140
IRC	25	25 - 65
T° color (°K)	2 000 - 2 300	2 000 - 2 300
Vida Media (h)	12 000	15 000
Vida útil (h) 6h/día	16 000	24 000
T encendido (sg)	7 - 12	2 -10
T reencendido (min)	1 - 15	3 - 7

*Fuente:*(Lozano Núñez, 2014)

### 2.3.2. Componentes de la lámpara de sodio de alta presión

- **Tubo de descarga**

Se construyen dos envoltorios o cápsulas, la interior donde se produce el arco, se construye con alúmina policristalina, sintetizada en forma de tubo, la cual no reacciona con el sodio, con alta resistencia a la temperatura y alto punto de fusión. Esta sustancia es traslúcida, insensible al vapor de sodio caliente (1500 K) con un punto de fusión de 2300 K, a pesar que este material es translúcido, provee una buena transmisión de radiación visible en más del 90%.

- **Gas de relleno**

El tubo del arco contiene xenón como gas de encendido con una presión en frío de 3 kPa, y una pequeña cantidad de una amalgama de sodio-mercurio la cual es parcialmente vaporizada cuando la lámpara alcanza la temperatura de operación. Las presiones del vapor de sodio y mercurio para la lámpara estándar en régimen normal de funcionamiento son de 10 kPa y 80 kPa respectivamente. El mercurio actúa como un gas amortiguador para aumentar la presión del gas y reducir las pérdidas térmicas de la

descarga al disminuir la conductividad térmica del vapor caliente. El mercurio no produce ninguna radiación significativa.

- **Ampolla exterior**

El bulbo externo de borosilicato puede estar al vacío o lleno de un gas inerte.

Sirve para prevenir ataques químicos de las partes metálicas del tubo interior así como el mantenimiento de la temperatura del tubo de arco, aislándolo de los efectos de la temperatura ambiente. Las lámparas de sodio estándar tienen formas tubulares u ovoides, siendo la forma tubular de vidrio claro. El tipo de vidrio usado depende de la potencia de la lámpara.

Muchas de estas lámparas pueden operar en cualquier posición, la misma no tiene efecto sobre el flujo luminoso. (Calderón Fernández, 2014)

### **2.3.3. Características de funcionamiento**

#### **Eficacia luminosa**

Como se indicó la eficacia decrece a medida que la presión de vapor de sodio aumenta debido al ensanchamiento y posterior desaparición del doblete del sodio, con lo que se elimina la radiación en la zona donde el sistema visual es más sensible.

Otro factor que influencia la eficacia es la composición y presión del gas amortiguador y de arranque en el tubo de descarga. Como la conductividad térmica del sodio es alta, la eficacia luminosa es baja, pero a fin de contrarrestar este efecto se usan gases de amortiguación y arranque de baja conductividad térmica, a presiones muchos mayores que el vapor de sodio.

Si aumenta la presión del xenón desde 20 kPa a 200 kPa, la eficacia luminosa aumenta entre un 10% a 20%, sin cambiar sus características de color, aunque la desventaja es que se necesitan ayudas extras para el montaje.

La eficacia para todas estas lámparas está en un rango entre 80 a 130 lm/W, dependiendo de la potencia de lámpara de sodio "blanco" tiene una eficacia de 43 lm/W, valor un 45% menor de las de sodio de alta presión estándar. Las mismas disponen un tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado, alojado en una envoltura tubular de vidrio transparente al vacío.(Calderón Fernández, 2014)

#### **2.3.4. Características Cromáticas**

La típica apariencia de color de una lámpara de sodio de alta presión no cambia apreciablemente hasta el 50% de su flujo luminoso. Debajo de este valor prevalece el color amarillo, característico del sodio de baja presión. Las lámparas de alta presión estándar, con presiones del sodio entre 5 a 10kPa, tienen una temperatura de color de 1900 a 2200 K y un índice de rendimiento de color de 22 aproximadamente.

El color de luz se puede modificar aumentando la presión del vapor de sodio, siendo este el caso de la lámpara de sodio blanco, en la cual el índice de rendimiento de color aumenta hasta 80 con una presión del vapor de sodio de 95 kPa. La misma tiene una apariencia de color blanco cálido (temperatura de color correlacionada entre 2500 a 2800 K). Con presiones de vapor intermedias se consiguen lámparas con características intermedias entre la del sodio blanco y el estándar, como es el caso de las lámparas de sodio de alta presión de color mejorado.(Calderón Fernández, 2014)

#### **2.3.4. Vida y depreciación luminosa**

La vida útil para estas lámparas es de aproximadamente 16000 horas dependiendo de su diseño. Sin embargo este valor está limitado por el aumento de la tensión, aunque

lento, que ocurre durante su vida. Este aumento es precisamente debido al ennegrecimiento de los extremos del tubo de arco debido a la dispersión del material emisor del electrodo. La parte ennegrecida observa la radiación, la cual calienta los extremos del tubo de arco y vaporiza las amalgamas de sodio adicional. Esto incrementa la presión en el tubo de arco y consecuentemente la tensión del arco. La difusión de sodio a través de los extremos sellados de tubo de arco y la combinación de sodio contenido en el arco con impurezas del tubo también limitan la vida de estas lámparas. (Calderón Fernández, 2014)

A medida que las partículas del filamento se evaporan la pared del bombillo se va ennegreciendo lo cual reduce el flujo luminoso que pasa a través del vidrio. Esta misma evaporación del componente del filamento (wolframio) produce una reducción de la corriente eléctrica, temperatura y flujo eléctrico. La reducción del wolframio seguirá ocurriendo hasta que se rompa el filamento, fenómeno que se conoce como Depreciación Luminosa.(Yucra Paricela, 2017)

Según las condiciones de uso de las lámparas, existen diferentes parámetros para asignarles su vida útil.

Vida individual son las horas transcurridas hasta que una lámpara se daña, en unas condiciones determinadas.

Vida promedio en unas condiciones determinadas, es el tiempo en el que la mitad de un lote de lámparas presenta fallos.

Vida útil son el número de horas estimadas, tras las cuales, por motivos de economía y eficiencia luminosa, es preferible sustituir las lámparas de una instalación que mantenerlas.

El valor de la vida útil es de suma importancia ya que ayuda a determinar los períodos de reposición de las lámparas.

Otros factores que influyen en la vida útil de las lámparas, son la calidad de la tensión de la red y el número de encendidos y apagados que presente. (Yucra Paricela, 2017)

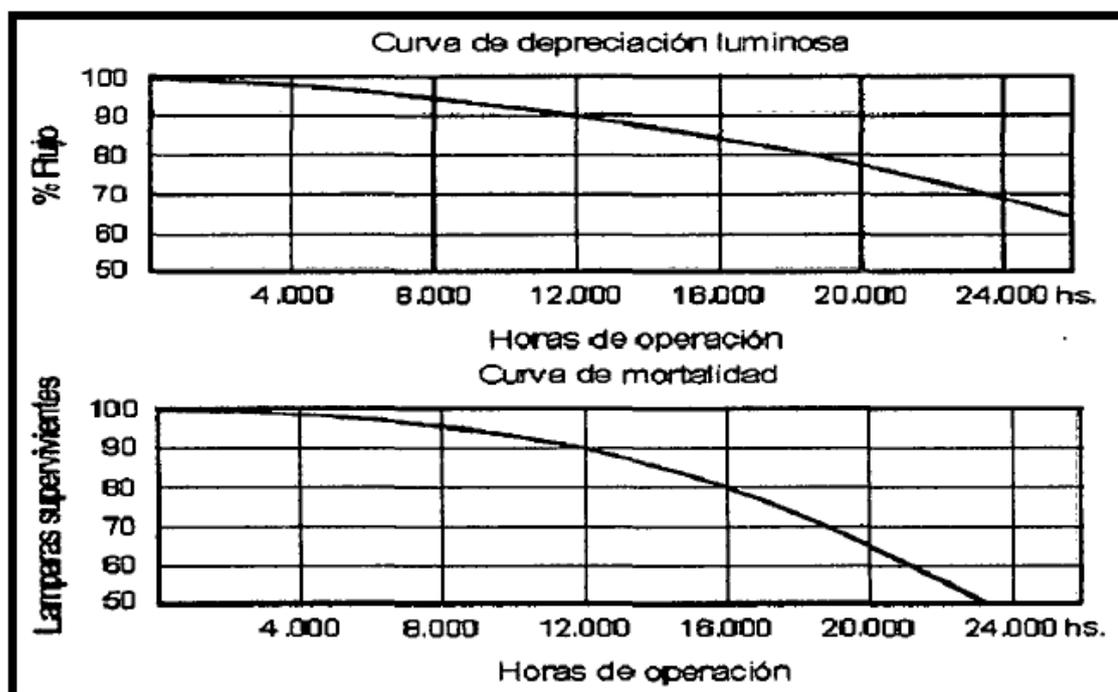
**Tabla N° 2.5: Vida útil promedio lámparas de descarga**

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Halogenuros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

*Fuente: PHILIPS (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)*

En la figura N° 2.8 se muestran curvas típicas de mortalidad y de depreciación luminosa para una lámpara de sodio de alta presión en función a las horas de operación. (Calderón Fernández, 2014)

**Figura N° 2.8: Curva típica de mortalidad y depreciación luminosa para una lámpara de sodio de alta presión**



*Fuente: Fuente: (Donell, Pag. 55)*

### Encendido y Reencendido

Debido a que estas lámparas no tienen electrodo de encendido por su menor diámetro, se suministra un pulso de alta tensión, entre 1.5 a 5 kV, mediante un ignitor, para ionizar al gas de encendido que es el xenón. Una vez encendida, la lámpara se calienta en 10 minutos aproximadamente, durante el cual va cambiando de color. Una vez establecido el arco, la tensión del mismo es baja por la baja presión del vapor. El color inicialmente es blanco por la descarga del xenón, cambiando después a amarillo después de unos veinte segundos. Durante este tiempo el sodio se evapora y poco a poco se involucra en la descarga.

Debido a que la presión de operación de estas lámparas es menor que en el caso de la de mercurio, el tiempo de reencendido es menor. Sin embargo como se ha dicho, necesita un pico de tensión bastante grande para arrancar, de modo que si se interrumpe

la tensión de la red eléctrica no puede reencender de inmediato. La lámpara debe de enfriarse lo suficiente para que la presión de vapor de sodio en el bulbo de descarga sea tal que el impulso producido por el arrancador permita iniciar la descarga. Este tiempo por  $J_o$  general es menor de 1 minuto y se calienta en 3 a 4 minutos. En las lámparas que tienen un arrancador incorporado este tiempo puede ser mayor, ya que estos dispositivos se desconectan después de cada encendido por medio de un interruptor bimetálico que debe enfriarse antes de poder funcionar nuevamente. El período de enfriamiento puede durar de 10 a 15 minutos. (Calderón Fernández, 2014)

**Tabla N° 2.6: Lámparas de vapor de sodio a alta presión**

Tipo	Potencia W	Flujo lm	Eficacia lm/w	Temperatura color	Rendimiento Color	Duración horas
Estándar tubular	50	4000	80	1950 K	23	16000
	70	6650	95			
	100	10500	105			
	150	16500	110			
	250	31600	126,4			
	400	55250	138,1			
	600	90000	150			
1000	125000	125				

*Fuente: IDAE (2001)*

**2.3.4. Problemática en la vida de las lámparas de vapor de sodio de alta presión**

IDAE (2001), durante la vida de la lámpara de sodio a alta presión, aumenta su tensión de arco sobre el valor inicial hasta que alcanza valores en torno a 140 V, para los cuales la lámpara deja de ser estable, produciéndose apagados intempestivos de la misma, y la lámpara se considera agotada. Resulta deseable que la vida de las lámparas sea lo más larga posible ajustándose a los valores fijados por los propios fabricantes. En las lámparas de vapor de sodio a alta presión para lograr dicho objetivo, hay que tener muy en cuenta todos los elementos y causas que influyen en el crecimiento de la tensión de

arco de la lámpara, procurando paliar en lo posible sus efectos, lo que requiere considerar lo siguiente:

### **En el Balasto**

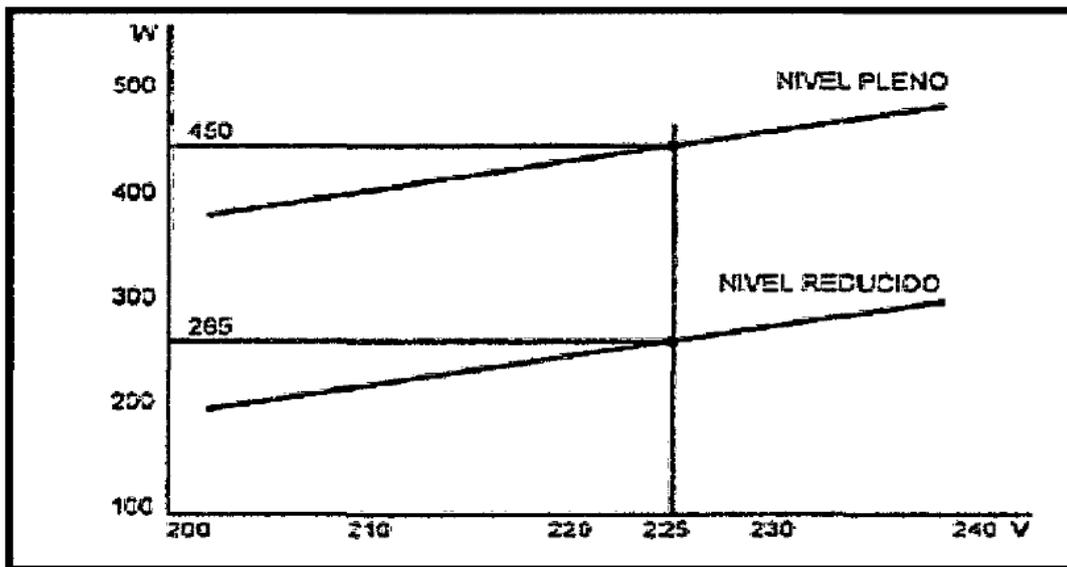
Cuando se utilizan balastos serie de tipo inductivo, debido a su limitada capacidad de regulación, un 10% de aumento de la tensión de la red, ocasiona un incremento de potencia en lámpara entre el 20 y 25%, pudiéndose alcanzar incluso un 30%, lo que supone un considerable exceso de consumo energético.

Es deseable que no existan desviaciones en la tensión de alimentación superiores a un 5% sobre el valor para el que está previsto el balasto. Se puede paliar este problema exigiendo a las Empresas suministradoras de energía eléctrica el control de la tensión de la red, como mínimo a los valores establecidos en la reglamentación vigente.

Como esto en muchos casos no es posible conseguirlo, resulta adecuado instalar bien balastos serie de tipo inductivo con dos tomas de corriente y conectarlos a la toma más próxima a la tensión de la red, o implantar balastos autorreguladores o bien balastos electrónicos o, en su caso, instalar estabilizadores de tensión en cabeza de las líneas eléctricas de alimentación.

En la figura N° 2.9 puede comprobarse el efecto sobre la potencia en lámpara de la sobretensión en la red, de forma que en el caso de una lámpara de 400 W a nivel de pleno funcionamiento, una tensión de 225 V origina una sobrepotencia de 50W.

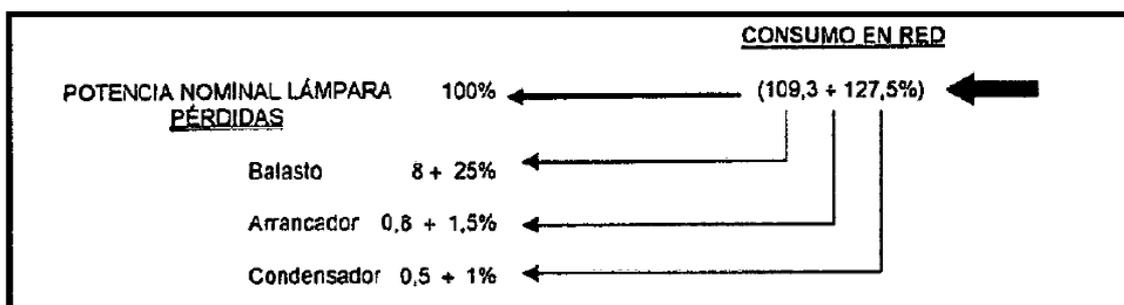
Figura N° 2.9: Repercusión de la sobretensión sobre la potencia



Fuente: IDAE (2001)

Si se efectúa una estimación ponderada en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo auxiliar, el consumo real de potencia en la red, debido a las pérdidas originadas por dicho equipo, se incrementa entre un 9,3% y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara, tal y como se representa en la figura N° 2.10.

Figura N° 2.10: Pérdidas de potencia equipo luz convencional



Fuente: IDAE (2001)

**En la Luminaria**

Como consecuencia de la situación de la lámpara encerrada en el interior de la luminaria entre el reflector y el cierre, se origina un aumento de la temperatura de la

lámpara y de la tensión de arco en la misma. Se establece como máxima una elevación de dicha tensión de 5 V. para la lámpara de 150 W., 10 V para la de 250 W. y 12 V. para la de 400 W y hasta 20 V para lámpara de 1000 W.

La instalación de lámparas de potencias superiores a las nominales para las que se han diseñado las luminarias, aumenta la temperatura y tensión de arco de la lámpara considerablemente, acortándose la vida útil de la misma.(Calderón Fernández, 2014)

### **2.3.5. Luminarias**

IDAE (2001), son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas y protegerlas y, cuando resulta necesario, disponen de los circuitos y dispositivos necesarios para conectarlas a la red de alimentación eléctrica.

Las juntas de hermeticidad han de ser flexibles, resistentes a alta temperatura y a los agentes atmosféricos, empleándose normalmente cauchos silicónicos, policloroprenos, termopolímeros de etileno-propileno, juntas de poliéster calandrado, etc.(Calderón Fernández, 2014)

Son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas, aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

## 2.4. Alumbrado público con tecnología led

### 2.4.1. Historia del led

En 1907, Henry Joseph Round (experto en radiocomunicación) realizó un experimento con cristales de germanio que lo llevó a descubrir del efecto físico de la electroluminiscencia y crear el primer diodo semiconductor, sin embargo, era un experimento muy costoso y no parecía tener mucho futuro, así que quedó en el olvido.

En una época más cercana, 1962 para ser exacto, Nick Holonyak, mientras colaboraba como científico asesor en un laboratorio de General Electric (Nueva York), inventó el primer LED rojo basado en semiconductores, aunque no se sabía que el diodo emitía fotones en el espectro infrarrojo, es decir, invisible al ojo humano. Este primer LED rojo inició la revolución de la señalización, pero en ese momento no era rival ni siquiera para el foco incandescente. Cabe mencionar que antes de Holonyak, se considera a Oleg Vladimírovich Lósev (1903-1942) como el primero en desarrollar el LED (1927). Nueve años después, Jacques Pankove desarrolló tecnología LED de color azul de baja potencia, pero fue hasta 1993 que Shuji Nakamura de Nichia desarrolló el primer LED totalmente azul y perfeccionado, que marcó el inicio de la iluminación LED y el principio del fin de la iluminación tradicional.

Sin embargo, la luz azul no es suficiente para ver bien o iluminar nuestras casas o las calles, para ello es necesario de luz blanca; así que en 1998 Lumileds pone en venta el primer LED blanco de potencia, añadiéndole fosforo al LED azul, que en poco tiempo salió al mercado: 2002, con 30 lúmenes y un costo de 8.50 dólares por componente. En esos momentos casi todos seguían dudando de que el LED podría reemplazar la tecnología de iluminación tradicional; actualmente, con sus más de 160 L/W a 350mA,

el LED desplaza en eficiencia y versatilidad a cualquier otra tecnología.(Hurtado Rodrigo, 2017)

#### **2.4.2. Introducción a los leds**

Los LEDs son dispositivos en estado sólido que generan luz de una manera radicalmente diferente a otras fuentes de luz. Las lámparas incandescentes se basan en el calentamiento de un filamento de metal (tungsteno) a miles de grados Celsius debido a su resistencia al paso de la corriente eléctrica. A esta temperatura el filamento emite luz, que se ubica en el área infrarroja del espectro lumínico, de ahí la ineficiencia de este tipo de lámparas.

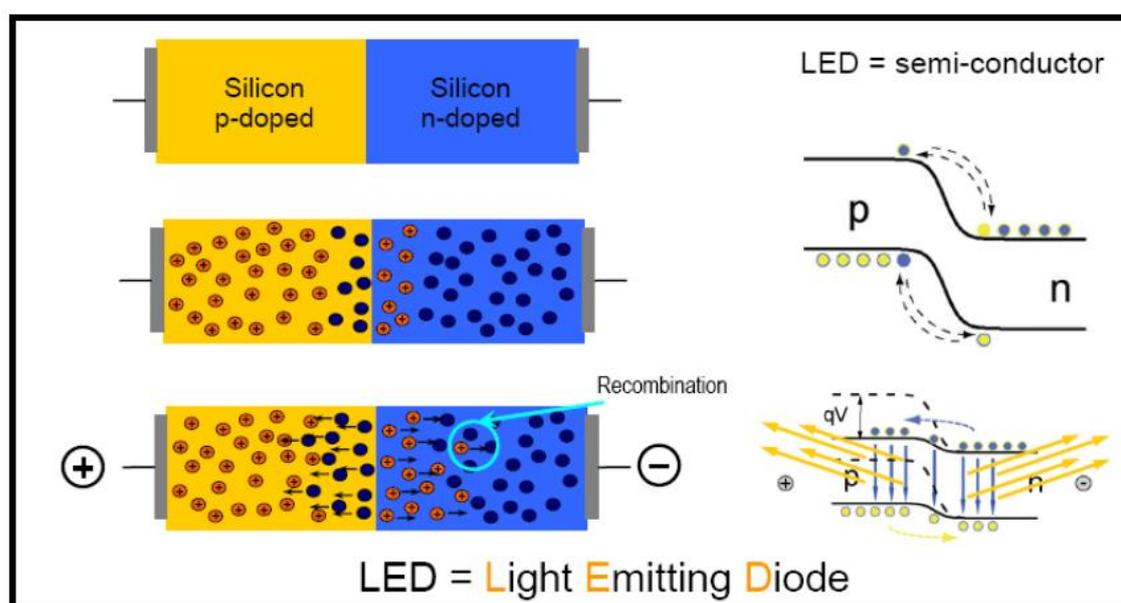
En los LEDs, un bajo voltaje de corriente continua (CC) circula a través de un material semiconductor. Esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias. El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. El semiconductor se aloja en una caja epoxi que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida.

En sus inicios el principal uso del primer diodo LED de luz visible de color rojo que se comercializó estuvo limitado a indicar solamente si un equipo o aparato eléctrico o electrónico se encontraba conectado a la fuente de suministro de corriente eléctrica, o en funcionamiento. Posteriormente este diodo comenzó a formar parte también de paneles informativos, aunque en sus inicios su uso estuvo muy limitado a otras aplicaciones prácticas debido a la escasa variedad de colores disponibles y su baja eficiencia lumínica.

Todos los diodos LEDs poseen una construcción sólida. La principal característica que los diferencia de otras fuentes de luz es que no poseen filamento ni partes frágiles de vidrio, lo que les permite absorber vibraciones extremas y golpes sin llegar a romperse ni estropearse.(Lozano Núñez, 2014)

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, InGa AIP e InGaNg son empleados para producir LED de alta luminosidad en todos los colores del azul al rojo. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

**Figura N° 2.11: Principio de emisión de luz de un LED**



*Fuente: OSINERGMIN, 2013.*

La luz generada por el led, no es producida por el filamento incandescente interno, realmente se genera por electroluminiscencia, al ser liberados fotones, los encargados de hacer la luz visible, como resultado al desplazamiento de los electrones por el semiconductor llamado diodo. En consecuencia, es posible generar luz, de manera eficiente, pues, la transformación de la energía es posible con menores pérdidas de energía. La temperatura de color blanco obtenida varía de 2700 K a los 5300 K.

Para obtener una iluminación que cumpla con la normativa del alumbrado público, se hace necesario el uso de módulos de leds. Los módulos led para alumbrado público se conectan a la red pública de tensión alterna, sin embargo, los módulos led poseen un rectificador, que convierten la tensión alterna en continua además hace posible controlar la corriente para obtener un funcionamiento eficiente. Un módulo led está formado usualmente de 48 o 64 diodos emisores de luz y cada uno de ellos se compone de un semiconductor de color azul con un recubrimiento de color amarillo ubicado dentro de un encapsulado fabricado de acrílico y un amplificador de luz capaz de controlar la dirección y distribución de la intensidad luminosa generada. Este módulo se observa en la figura N° 2.12.(Labán Hijar, 2018)

**Figura N° 2.12: Módulo led de 100W**



*Fuente: (Labán Hijar, 2018)*

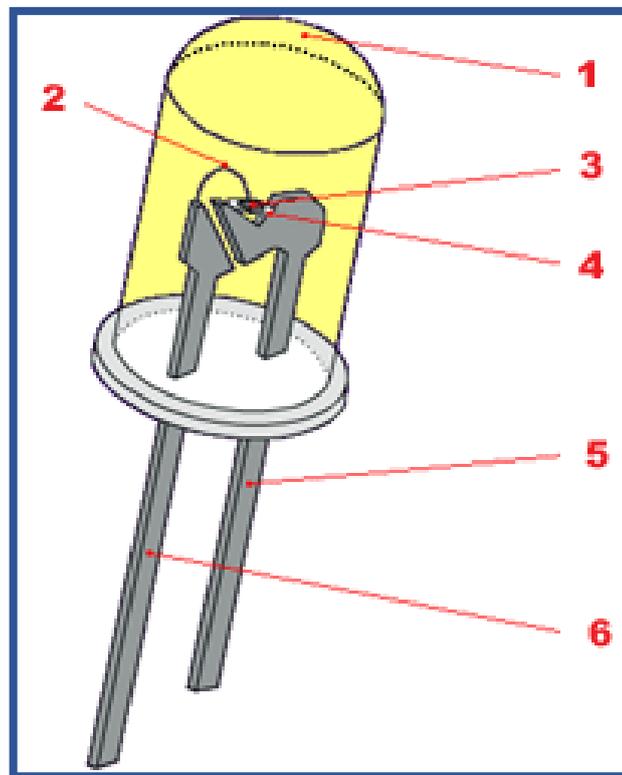
### **Equipo emisor de luz led**

Primero, su estructura es totalmente diferente que una lámpara tradicional, el LED tiene una estructura muy simple y muy fuerte. Los 4 componentes básicos de su estructura son:

Material emisor semiconductor, montado en un chip-reflector, este material determina el color de la luz. Los postes conductores (cátodo y ánodo). El cable conductor que une los dos polos en algunos casos hilo de oro. Un lente sellado herméticamente que protege al material emisor del LED y determina el haz de la luz.(Hurtado Rodrigo, 2017)

### 2.4.3. Partes de un led

**Figura N° 2.13: Partes del LED**



*Fuente:(Lara López et al., 2009)*

1. Lente Epóxico. - Este lente mantiene todo el paquete estructurado, determina el haz de luz, protege al chip reflector, además de extraer el flujo luminoso.
2. Cable Conductor. - Es un cable muy delgado de oro, el cual conecta cada terminal a cada uno de los postes conductores.

3. Chip. - Consiste en dos capas de material emisor semiconductor, cuando los átomos son excitados por un flujo de corriente intercambiando electrones, creando la luz.
4. Reflector. - Está por debajo del Chip reflejando y proyectando luz hacia fuera, sólo un 3% se queda atrapada.
5. Cátodo. - Poste hecho de aleación de cobre y conduce carga negativa, el cátodo es más corto que el ánodo para facilitar un ensamble más rápido y preciso en el circuito.
6. Ánodo. - Poste hecho en aleación de cobre y conduce carga positiva.(Lara López et al., 2009)

#### **2.4.4. Descripción de los tipos de lámparas con nuevas tecnologías para alumbrado público**

##### **Lámparas de estado sólido (Led)**

En la actualidad, el alumbrado público de los diferentes tipos de vías en nuestro país, tiene en uso, en su gran mayoría lámparas de vapor de sodio de alta presión y en menor proporción lámparas de mercurio de alta presión, sin embargo, las nuevas tecnologías se perfilan como solución al alto consumo de energía y a mejorar la eficiencia de las lámparas para el alumbrado público, debido a estas razones, aparece como alternativa el uso de las lámparas led.(Labán Hajar, 2018)

##### **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Las luces LED usan un tipo especial de diodo, el cual al ser atravesado por energía eléctrica desprende un tipo de luz.

Una explicación más científica consiste en que cuando la corriente atraviesa a través de un diodo semiconductor, esta inyecta huecos y electrones en las regiones p y n.

Las regiones tipo p (positivo) y n (negativo) se refieren a dos tipos de materiales semiconductores alterados que permiten que la energía fluya en una dirección siempre que el material tipo p este e una tensión superior a la n.

Esta combinación de electrodos y huecos son las encargadas de generar la luz. Dependiendo de la intensidad del paso de corriente hace que las recombinaciones entre electrones.

El color que va a tener el LED lo determina el tipo de material del que está hecho. y huecos produzca un tipo de luz.(Yucra Paricela, 2017)

#### **2.4.5. Ventajas y desventajas de los led**

##### **VENTAJAS:**

Comparados con las fuentes de luz convencionales la tecnología LED presenta numerosas ventajas, entre las que podemos destacar:

- Extremadamente duraderos - típicamente diez años, dos veces más que los mejores tubos fluorescentes y veinte veces más que las mejores bombillas incandescentes.
- La fiabilidad del estado sólido.
- Casi indestructible, carcasas sólidas de epoxy para las lentes.
- Añaden seguridad - las lámparas permanecen típicamente frías para poder tocarlas y funcionan a relativamente baja tensión.
- Rápido encendido - su encendido ocurre de forma muy rápida.
- Tamaño compacto.
- Capaz de emitir luz de un intenso color sin el uso de filtros de colores.

- La forma del encapsulado del LED permite que la luz se pueda enfocar. Las fuentes incandescentes y fluorescentes requieren a menudo un reflector externo para recoger la luz y dirigirla de una manera útil.
- Su fallo se produce por la reducción progresiva de la luminosidad a lo largo del tiempo, en lugar del fundido repentino de las bombillas incandescentes.(Calderón Fernández, 2014)
- Alta resistencia contra golpes: alta resistencia a vibraciones e impactos, ofreciendo mayor fiabilidad que las lámparas convencionales por no haber fallos en los filamentos.
- Larga duración: larga vida útil, entre 50.000 y 100.000 horas respetando las condiciones recomendadas de funcionamiento.
- Bajo consumo: bajo consumo, ahorrando energía por la poca potencia instalada.
- Alta eficiencia en colores: elevada saturación de color, por lo que no se necesitan filtros de color. Los LED son fuentes de luz prácticamente monocromáticas que permiten obtener una amplia gama de colores.
- No radiación UV/IR: no generan radiación ultravioleta ni infrarroja, por lo que no se deterioran los materiales expuestos a la luz del LED.
- Efectividad a bajas temperaturas: Funcionamiento fiable a bajas temperaturas, hasta de  $-30^{\circ}$  C.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)
- Requerimientos bajos de Tensiones y Consumos.
- Pueden ser fácilmente controlados y programados.
- Bajo costo de mantenimiento
- Sin mercurio.
- Cierre hermético contra el polvo y la humedad.
- Unidad Óptica sellada.(Hurtado Rodrigo, 2017)

Estas ventajas propias de las propiedades y características de la tecnología LED se traducen en importantes beneficios para los usuarios, ya que:

- Ofrecen opciones de diseño creativo para soluciones innovadoras de iluminación, gracias a la variedad de colores, sus compactas dimensiones y la versatilidad de sus productos.
- Alta rentabilidad económica merced al bajo consumo energético y a la larga vida.
- Máxima seguridad debida a la fiabilidad, incluso en condiciones ambientales adversas.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

#### **DESVENTAJAS:**

El precio es sin duda alguna una de las desventajas principales del LED, ya que su precio es comparativamente alto con respecto al resto de las lámparas existentes en el mercado.(Yucra Paricela, 2017)

Por otro lado la constante innovación tecnológica también presenta una desventaja.

#### **2.4.6. Sistema 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 incorpora 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.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

### **Tipos de LED**

En el campo de la iluminación se disponen de diferentes tecnologías para conseguir 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. Básicamente existen tres tipos de LED, para aplicaciones específicas y con características particulares para cada una de ellas.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

- **Diferencias entre luminarias LED SMD, LED COB y MICROLED**

Según Ledbox News tenemos los 3 tipos de luminarias led:

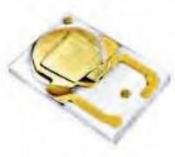
1. LED SMD (surface mounted device)
2. LED COB (chip on board – chip en la placa)
3. MICROLED

Tanto el Microled como el Led COB al tener insertados multitud de LEDs en un mismo encapsulado, los LED COB (chip en la placa) y los MICROLED tienen una gestión del

calor mucho mejor que las luminarias LED SMD. Esta gestión además de optimizar la gestión del calor, soporta largos periodos de actividad.

Las luminarias con LED SMD (surface mounted device) al estar encapsuladas superficialmente con una resina, suelen más indicadas para instalarse en lugares de menor exigencia como zonas de paso o para cuando sea necesaria una luz tenue.

**Tabla N° 2.7: Tipos de LED**

LED de 3 mm y 5	
	Señales publicitarias, indicadores, retroiluminación, (frigorífico, TV, etc.)
	Voltaje constante ( conexión en paralelo)
LED SMD (Surface mount LED)	
	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 m A/ 700 m A (conexión en serie).
	Última tecnología disponible en el mercado.

*Fuente: FENERCOM, 2015.*

**2.4.7. Funcionamiento de los elementos de una luminaria de tecnología led**

- a. El chip.- Es el corazón de una lámpara LED. Es una pieza de un material semiconductor (normalmente de cristales de silicio o galio) de unos 5 milímetros de grosor, capaz de generar luz cuando se le aplica corriente eléctrica. Sobre esta base de silicio se depositan en forma de capas diferentes materiales como el

fósforo, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz. Usualmente el chip se protege del exterior mediante una carcasa de resina o policarbonato semirrígida. (Hurtado Rodrigo, 2017)

**Figura N° 2.14: Chip de luminaria LED**



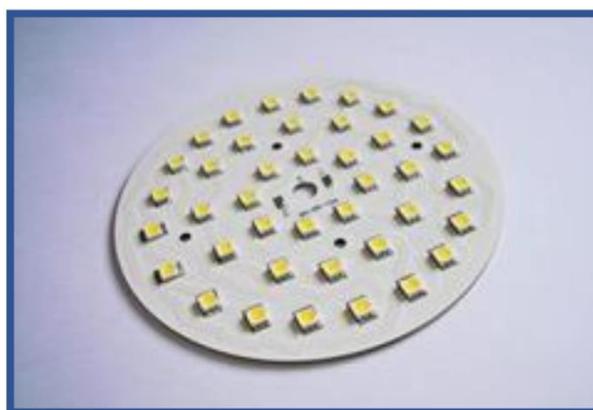
*Fuente: [http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).*

- b. El driver.- Los LED no se conectan directamente a la corriente como una bombilla incandescente, sino que requieren de una fuente de alimentación previa (o convertidor de tensión), por lo que el aprovechamiento real de la energía eléctrica de un LED depende también en gran medida de este convertidor. Una fuente de alimentación apropiada influye en la eficiencia y la estabilidad de la luminaria. El aprovechamiento real de la energía eléctrica consumida se mide por el valor del factor de potencia (PF o Power Factor o Factor de Poder). Si el valor es igual a 1 significa que toda la electricidad que llega a la fuente de alimentación se ha aprovechado. Si es de 0,5 quiere decir que la mitad de energía eléctrica se ha desaprovechado en la conversión. Usualmente de un driver de calidad se espera a que el valor sea superior a 0,9. (Hurtado Rodrigo, 2017)

**Figura N° 2.15: Driver de luminaria LED**

Fuente: [http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).

- c. Placa Base.- Es la placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), que soporta las conexiones de los componentes electrónicos, como las conexiones del chip (normalmente mediante hilos de oro) y las vías de disipación del calor. Según el sistema de evacuación del calor utilizado puede componerse de distintas capas y materiales (principalmente aluminio y cobre además de otros materiales conductores).(Hurtado Rodrigo, 2017)

**Figura N° 2.16: Placa de base de luminaria LED**

Fuente: [http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).

- d. El Sistema de Gestión Térmica.- La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED. Es importante explicar que los LED no emiten calor y de hecho pueden tocarse cuando están encendidos sin peligro de quemarse los dedos. Pero eso no significa que no lo generen. Es decir, el calor, al contrario que un foco

incandescente, sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED. Por este motivo es necesario disipar ese calor, ya que hasta el 70% de la energía puede llegar a perderse. Una buena disipación del calor alargará la vida del chip. Para lograrlo, son claves los materiales empleados y un diseño que favorezca esta disipación. Los disipadores de calor son fabricados de materiales como el aluminio, el cobre y la cerámica y poseen superficies amplias y alas que promueven la rápida disipación de calor. Además de influir en la durabilidad, el calor también puede afectar al color y a la calidad de la luz, de ahí la importancia de una correcta disipación.

Recientes avances tecnológicos en la producción de plásticos termo conductivos han permitido que este material sea utilizado como disipador de calor, reduciendo los costos de producción.

**Figura N° 2.17: Sistema de gestión térmica de luminaria LED**



*Fuente: [http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).*

- e. Lente Óptico.- La óptica secundaria es el conjunto de lentes exteriores que determinan la distribución de la luz emitida por el LED. La norma y composición de las lentes que forman la óptica secundaria puede variar en función de las

necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran. De esta forma, según la forma de la lente, el haz de luz puede hacerse converger o divergir. Es decir, el ángulo de luz puede ser grande o pequeño dependiendo del lente óptico que utilice la luminaria LED.(Hurtado Rodrigo, 2017)

**Figura N° 2.18: Lente óptico de luminaria LED**



*Fuente: [http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).*

## **2.5. Análisis económico en proyectos de ingeniería**

La evaluación económica de un proyecto de ingeniería se realiza principalmente con los siguientes parámetros de análisis:

### **2.5.1. Valor actual neto (VAN)**

El valor presente simplemente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del VAN.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

- Si  $VAN > 0$ , es conveniente aceptar la inversión, ya que se estaría ganando más del rendimiento solicitado.
- Si  $VAN < 0$ , se debe rechazar la inversión porque no se estaría ganando el rendimiento mínimo solicitado.

Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN más alto significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en el invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.

Matemáticamente se expresa el VAN por la siguiente formula:

$$VAN = -I + \frac{FNE_1}{(1+i_1)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i_2)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i_n)^n} \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde:

FNE: Flujo neto efectivo.

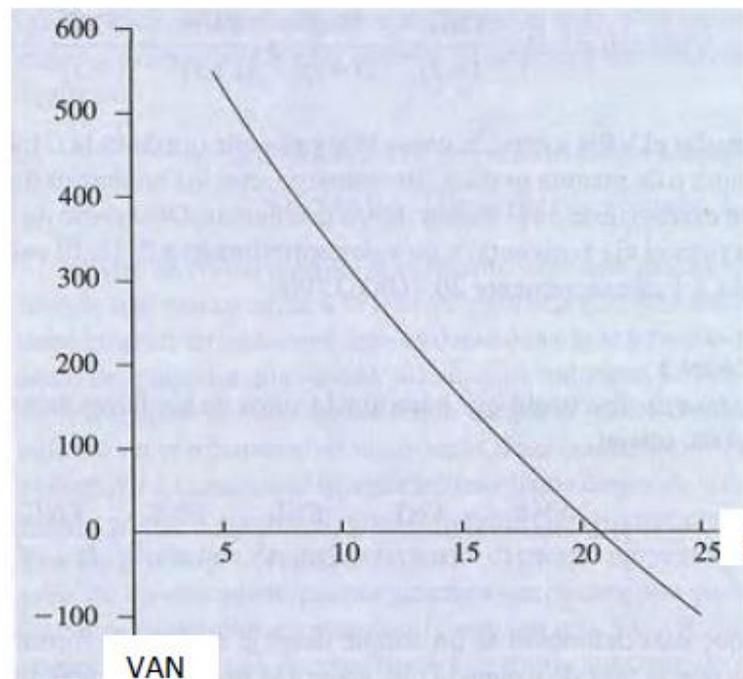
I: Inversión (realizada para ejecutar el proyecto).

n: Vida Útil del equipo

i: Tasa de interés anual.

### 2.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La ganancia anual que tiene cada inversionista se puede expresar como una tasa de rendimiento o de ganancia anual llamada tasa interna de rendimiento. En la gráfica N°06 se observa que, dado que la tasa de interés, que en este caso es la Tasa de interés, es fijada por el inversionista, conforme ésta aumenta el VAN se vuelve más pequeño, hasta que en determinado valor se convierte en cero, y es precisamente en ese punto donde se encuentra la TIR. (Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

**Figura N° 2.19: VAN vs tasa de interés**

Fuente: (Blank & Tarquin, 2006)

Cuando el TIR es mayor que la tasa de interés (i) entonces es conveniente realizar la inversión.

- Si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse.
- Cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no.

La ecuación para cálculo del VAN es la siguiente fórmula:

$$VAN = 0 = -I + \frac{FNE_1}{(1 + TIR_1)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR_2)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1 + TIR_n)^n} \quad \dots(2.5)$$

Donde:

FNE: Flujo neto efectivo

I: Inversión (realizada para ejecutar el proyecto)

n: Vida Útil del equipo

TIR: Tasa Interna de Retorno.

## 2.6. Normas legales

El Estado Peruano, en la Ley de Concesiones Eléctricas (M.E.M., 1992), contempla en el Artículo 99°.- Los estudios, proyectos y obras de las instalaciones necesarias para la prestación del Servicio Público de Electricidad, deberán ser efectuados cumpliendo con los requisitos que señalen el Código Nacional de Electricidad y demás Normas Técnicas.(MEM, 2013)

Asimismo en la Ley de Concesiones Eléctricas (M.E.M., 1992) establece en su Artículo 94°.- La prestación del servicio de alumbrado público es de responsabilidad de los concesionarios de distribución, en lo que se refiere al alumbrado general de avenidas, calles y plazas.(Lozano Núñez, 2014)

Adicionalmente, al conocimiento técnico de parámetros y componentes para la iluminación eficiente de una vía, se hace necesario, conocer y aplicar la normativa peruana denominada “Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, con número de Resolución Ministerial N°013-2003-EM/DM, que asegura, para cada tipo de vía la iluminación mínima requerida.(Labán Hjar, 2018)

Según la norma técnica DGE: “ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ZONAS DE CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN” (RM. N° 013-2003-EM/DM). El alumbrado público, durante el periodo comprendido entre las 00:00 horas y las 24:00 horas, debe entrar en servicio cuando el nivel promedio de iluminancia media de luz natural sea, como mínimo, 10 lux en la superficie de la vía, y salir del servicio cuando dicho nivel sea, en promedio, como mínimo 30 lux.(MEM, 2002b)

Dado que las luminarias led operan con baja tensión, según lo establecido en la Regla 020-500 del Código Nacional de Electricidad – Utilización (R.M. N° 037-2006-MEM/DM).

(1) De acuerdo a lo indicado en el Código Nacional de Electricidad Suministro, en las redes de servicio público de baja tensión se podrá continuar utilizando los niveles de tensión existentes y las tensiones recomendadas de 380/220 V, trifásico de 4 hilos, con neutro efectivamente puesto a tierra.(MEM, 2006)

(2) La alimentación en baja tensión desde las redes de servicio público de electricidad a instalaciones de carácter público o privado, para cualquier tipo de uso, ya sea residencial, comercial, industrial u otros, debe ser trifásico de 380/220 V - 4 hilos, monofásico de 220 V - 2 hilos o trifásico de 220 V- 3 hilos (para los sistemas aislados de 220 V).(MEM, 2006)

Asimismo según lo establecido en la Sección 01 – 017.A del Código Nacional de Electricidad – Suministro. Podrá continuar utilizándose los niveles de tensión existentes y las tensiones recomendadas siguientes para baja tensión: 380/220V y 440/220V.(MEM, 2012)

Por otro lado la norma DGE – SÍMBOLOS GRÁFICOS EN ELECTRICIDAD (R.M. N°091-2002-EM/VME) en su sección 09 establece la simbología para la luminaria.(MEM, 2002a)

09-91-24		Luminaria
----------	---	-----------

## **2.7. Criterios de diseño de alumbrado público**

Para lograr el grado de satisfacción y tranquilidad de los usuarios del producto eléctrico, es de importancia considerar los aspectos siguientes para el diseño del alumbrado público que brinde calidad del alumbrado público, la que debe ser diseñado para proporcionar el nivel-de iluminación requerido por el tipo de vialidad, es decir, considerando el tamaño de las calles, avenidas, parques (áreas verdes) y el flujo de tránsito. En todos los casos se debe considerar las condiciones de iluminación, incluyendo pasos peatonales y banquetas.(Damas Niño, 2018)

### **2.7.1. Niveles de iluminación recomendados**

En el Perú la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” establece las exigencias lumínicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas, según el tipo de alumbrado que se le asigne y su clasificación vial.

#### **Tipos de alumbrado en vías de tránsito vehicular motorizado.**

El Concesionario solicitará a la municipalidad respectiva la clasificación de las vías para luego asignar el tipo de alumbrado que le corresponde, según la Tabla N° 2.8. Si la municipalidad no hubiese clasificado sus vías, el Concesionario coordinará con la municipalidad para efectuar tal clasificación tomando como referencia lo establecido en la Tabla N° 2.8, y asignará el tipo de alumbrado que le corresponde. El mismo criterio anterior se emplea para las vías regionales y subregionales que atraviesan la zona urbana. La Autoridad dará conformidad a la clasificación.(MEM, 2002b)

El proceso para elaborar un buen diseño de alumbrado público cuenta con los siguientes pasos:

**a) Clasificación de la vía a iluminar:**

Los tipos de alumbrado se determinan de acuerdo al tipo de vía, bajo el criterio funcional conforme la Tabla N° 2.8.

**Tabla N° 2.8: Tipos de alumbrado según la clasificación vial**

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-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	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	-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	Permite acceso a vías locales	-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.
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: MINEM - DGE, 2002.*

En el caso de las vías regionales y subregionales, debe considerarse sólo el alumbrado en el tramo comprendido dentro de la zona urbana. Para efectos de diseño, los proyectistas deberán tener presente la norma municipal vigente respecto al Sistema Vial Metropolitano.

Para proyectos en provincias, se deben considerar normas correspondientes. En todo caso, el proyectista deberá coordinar con el concesionario y la municipalidad respectiva la viabilidad de construcción, estipulados en dichos dispositivos municipales.(MEM, 2002b)

#### **b) Selección de los valores de iluminación**

#### **Estándares de Calidad de Alumbrado Público**

Toda instalación de alumbrado público debe cumplir, como mínimo, con los niveles de alumbrado para tráfico motorizado, tráfico peatonal y áreas públicas recreacionales, desde la etapa de diseño como en el control de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, la fiscalización por parte de la Autoridad y reclamaciones que pudiera n realizar los usuarios.(MEM, 2002b)

#### **Requerimiento para el diseño y puesta en operación de nuevas instalaciones**

Para las nuevas instalaciones, así como para su diseño de iluminación, se consideran en la superficie de la vía, los niveles de luminancia, iluminancia e índices de control de deslumbramiento establecidos en la Tabla N° 2.10, de acuerdo al tipo de alumbrado que corresponde a la vía. La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo a lo siguiente:(MEM, 2002b)

**Tabla N° 2.9: Identificación de la calzada**

<b>Tipo de superficie</b>	<b>Tipo de calzada</b>
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Clara

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

**Tabla N° 2.10: Luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento**

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco ( cd/m2)	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento ( G)
		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: MINEM - DGE, 2002*

En caso de vías exclusivamente peatonales, deberá considerarse un nivel de iluminancia media equivalente al tipo de alumbrado V.

i. Uniformidades de luminancia e iluminancia

La repartición de luminancia e iluminancia debe ser lo suficientemente uniforme para que todo obstáculo destaque por su silueta, cualquiera que sea la posición del observador.(MEM, 2002b)

En ambos casos, se respetarán los valores que a continuación se señalan en las Tablas N° 2.11 y N° 2.12:

**Tabla N° 2.11: Uniformidad de luminancia**

Tipo de alumbrado	Uniformidad Longitudinal	Uniformidad media
I	≥0,70	≥0,40
II	≥0,65	≥0,40

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

**Tabla N° 2.12: Uniformidad media de iluminancia**

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 - 0,35
IV , V	$\geq 0,15$

*Fuente: MINEM - DGE, 2002.*

- ii. La iluminación de las veredas no deberá ser inferior al 20% de la iluminación medida de la calzada.
- iii. Los estándares de calidad fijados en las Tablas N° 2.10, 2.11 y 2.12 deben verificarse en el momento de la puesta en operación comercial de las nuevas instalaciones de alumbrado de vías públicas.
- iv. El control de calidad que se exija en los asentamientos humanos (AAHH) que se encuentren en cerros y cuyas vías no están afirmadas, o sea dificultoso el desplazamiento de vehículos rodantes, o la calzada presente ondulaciones, solo será el parámetro iluminancia media para el tipo de vía que corresponde. Conforme vayan mejorando las vías, les será de aplicación la Tabla N° 2.10.

**Requerimiento para el control de la calidad del alumbrado y reclamaciones de los usuarios:**

- i. Los niveles mínimos de alumbrado para efecto del control de la calidad del alumbrado de vías públicas, para la aplicación de la NTCSE y reclamaciones de usuarios, son las que se indica en la Tabla N° 2.10.
- ii. Todo cambio de color de la calzada obliga que la iluminación de ésta se ajuste a los estándares vigentes que le corresponde. (MEM, 2002b)

**c) Selección de la luminaria y fuente de luz:**

Actualmente la fuente de luz más utilizada para el alumbrado público es la de sodio de alta presión debido a su eficiencia lumínica.(Hurtado Rodrigo, 2017)

Para garantizar una buena selección de la luminaria y fuente de luz se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

**i. Fotométricos:**

La lámpara debe tener una buena distribución del flujo luminoso, Ser eficiente y controlar el deslumbramiento.

**ii. Eléctricos y mecánicos:**

En lo posible las lámparas deben ser de fácil mantenimiento, deben mantener dentro de sus límites la temperatura de los elementos eléctricos internos, tener en su interior un terminal que facilite su conexión a tierra, deben ser seguras y servir de soporte y conexión a los demás elementos que se encuentran alojados en su interior.

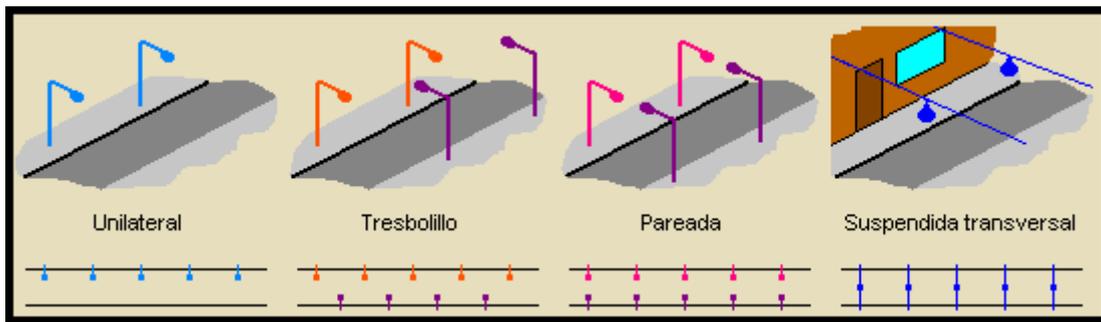
**iii. Estéticos:**

En cualquier estado que se encuentre, encendida o apagada, esta debe integrarse con el entorno que la rodea y crear un mejor ambiente.(Hurtado Rodrigo, 2017)

**d) Disposición de las luminarias**

En los tramos rectos de vías con una única calzada existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas, como se muestra en la figura.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Figura N° 2.20: Disposición de luminarias vías simples**



*Fuente: García & Boix, 2004*

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Tabla N° 2.13: Valores recomendados por la CIE (1997)**

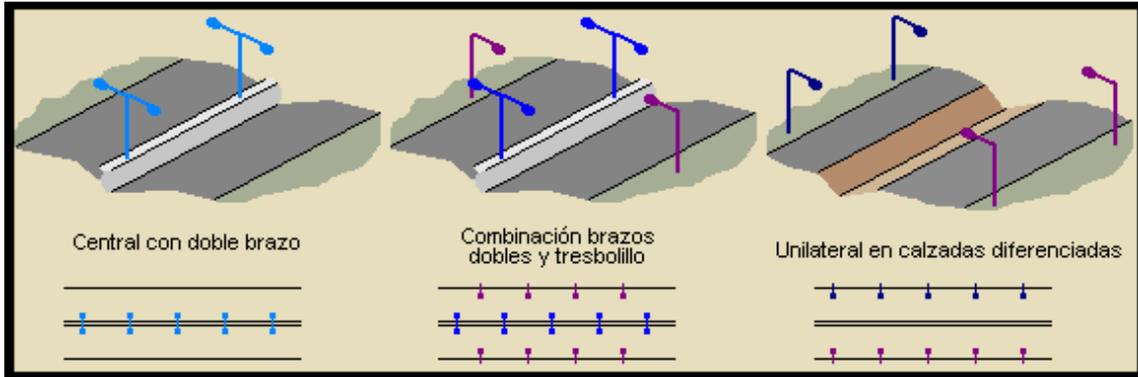
	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje
<b>Unilateral</b>	$A/H < 1$
<b>Tresbolillo</b>	$1 \leq A/H \leq 1.5$
<b>Pareada</b>	$A/H > 1.5$
<b>Suspendida</b>	Calles muy estrechas

*Fuente: García & Boix, 2004*

En el caso de tramos rectos de vías con dos o más calzadas separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente. Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada. Pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas. En este último caso es recomendable

poner las luminarias en el lado contrario a la mediana porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Figura N° 2.21: Disposición de luminarias vías dobles**



*Fuente: García & Boix, 2004*

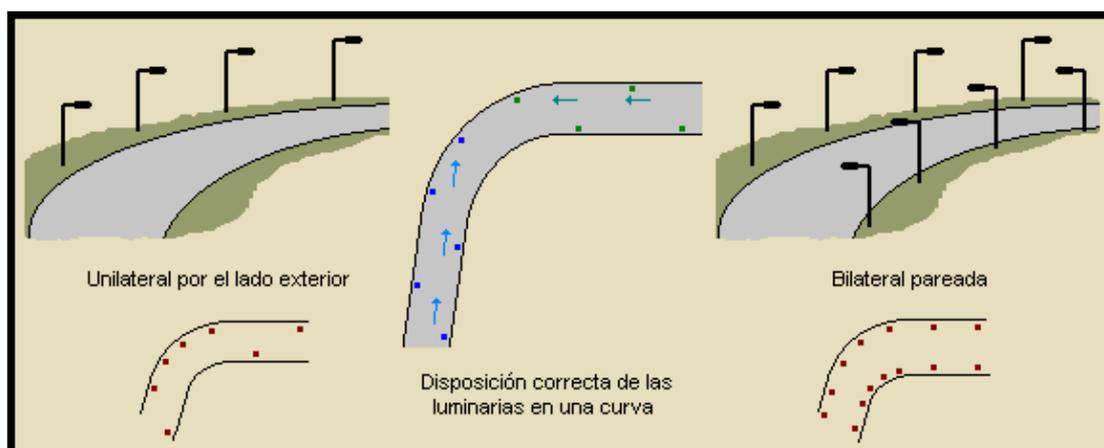
En tramos curvos las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva. Si la curvatura es grande ( $R > 300$  m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva. En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.(Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Tabla N° 2.14: Relación radio y altura**

$R > 300$ m	Asimilar a un tramo recto	
$R < 300$ m	$A/H < 1.5$	Unilateral exterior
	$A/H > 1.5$	Bilateral pareada

*Fuente: García & Boix, 2004*

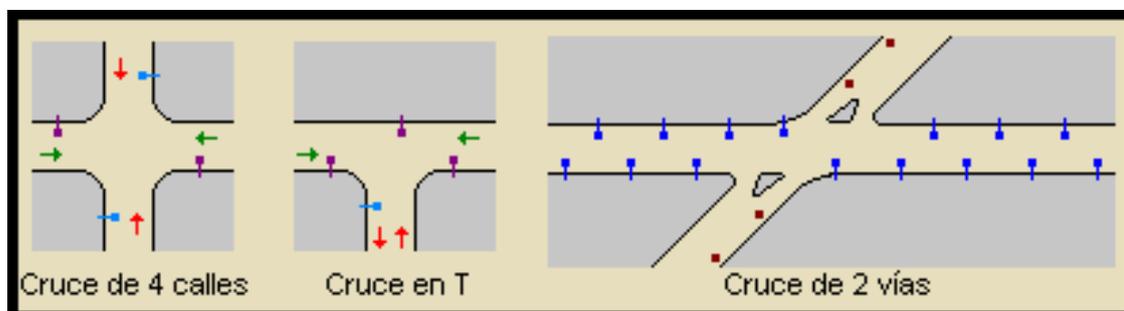
**Figura N° 2.22: Disposición de luminarias tramos curvos**



*Fuente: García & Boix, 2004*

En cruces conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad. Asimismo, es recomendable situar las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En las salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicados es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Figura N° 2.23: Disposición de luminarias cruces**

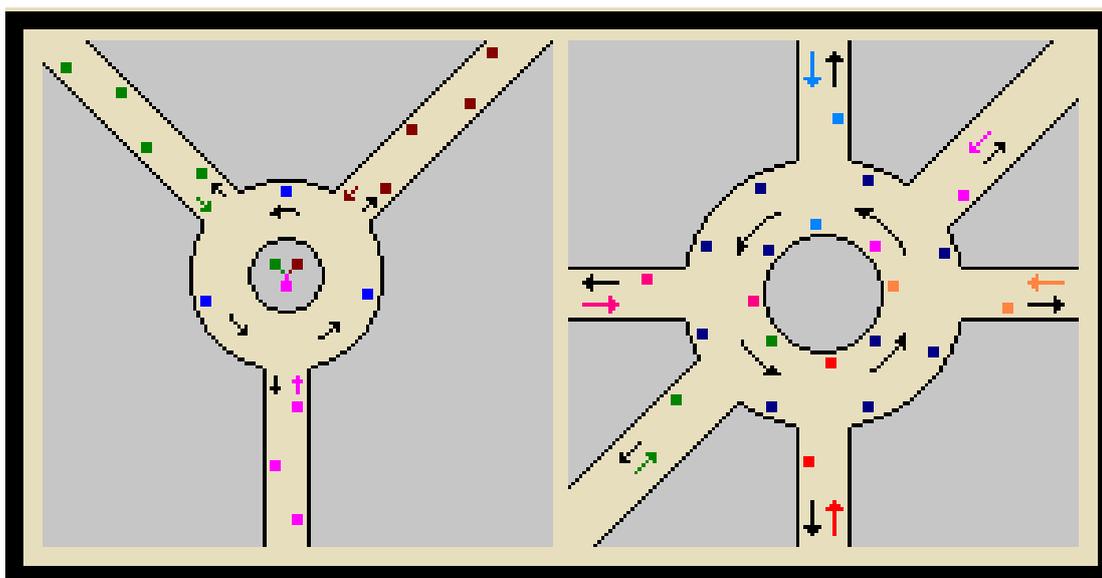


*Fuente: García & Boix, 2004*

En las plazas y glorietas se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas. La altura de los postes y el nivel de iluminación serán por lo menos igual al de la calle más importante que desemboque en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza.

Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desemboca en esta. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

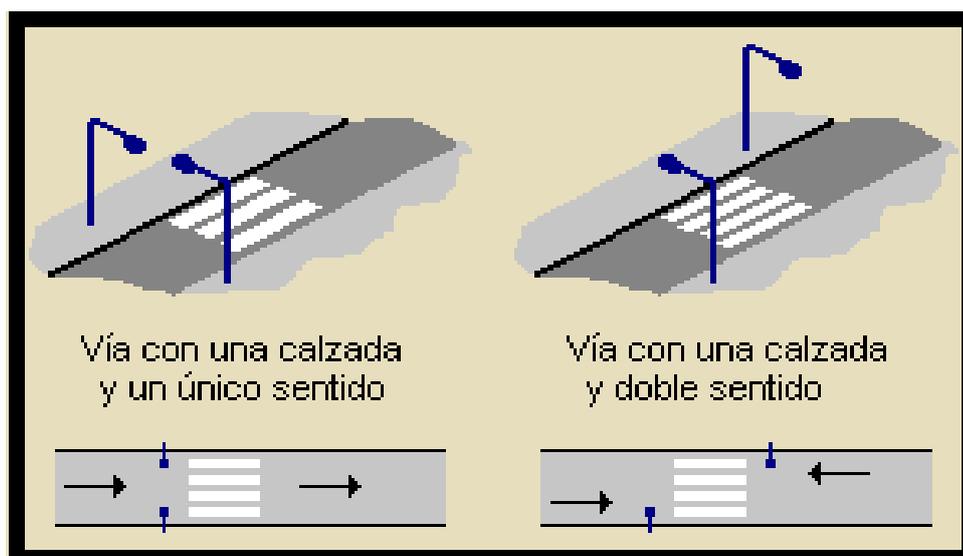
**Figura N° 2.24: Disposición de luminarias óvalos**



*Fuente: García & Boix, 2004*

En los pasos de peatones las luminarias se colocarán antes de estos según el sentido de la marcha de tal manera que sea bien visible tanto por los peatones como por los conductores. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

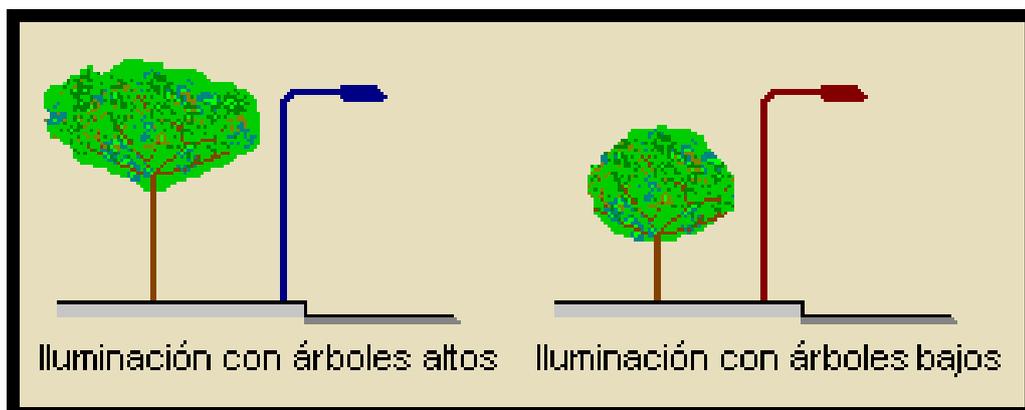
**Figura N° 2.25: Disposición de luminarias vías peatonales**



*Fuente: Garcia & Boix, 2004*

Por último, hay que considerar la presencia de árboles en la vía. Si estos son altos, de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situarán a su misma altura. Pero si son pequeñas las farolas usadas serán más altas que estos, de 12 a 15 m de altura. En ambos casos es recomendable una poda periódica de los árboles. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)

**Figura N° 2.26: Iluminación con presencia de árboles en la vía**



*Fuente: García & Boix, 2004*

## CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA PROMEDIO DE UNA VÍA

Existen variados métodos que facilitan el cálculo de la luminancia promedio en una vía. Ente ellos se encuentran los siguientes:

- Cálculo de la iluminancia punto a punto.

Este método permite conocer la luminancia en puntos concretos y es de suma importancia ya que permite conocer la distribución de la iluminación en las instalaciones.

- Cálculo de iluminancia por el método de los lúmenes o coeficiente de utilización.

Este método consiste en calcular la distancia óptima entre dos postes que soportan las luminarias con el fin de que el nivel de luminancia media esté garantizado.

- Método de los 9 puntos

Este método consiste en el cálculo de la iluminación media de una vía por medio de la iluminación puntual en 9 puntos seleccionados dentro de la misma. (Hurtado Rodrigo, 2017)

- Mediante el uso de software DIALux

Con el transcurso del tiempo y de los avances de la tecnología se han creado diversos Software que facilitan la realización de los cálculos de luminancia en las vías. El software a utilizar en este caso es el DIALux. Es un Software que permite realizar cálculos y visualizaciones de proyectos de iluminación. Este programa gratuito, permite realizar análisis cuantitativos rápidos y sin problemas de un proyecto.

### 2.7.2. Características geométricas de la instalación

Estas son, la altura de la luminaria, sobre el suelo y la distancia entre luminarias (intervalo).

La altura de los puntos de luz, tiene una gran influencia sobre la calidad de la instalación y sobre sus costos. El hecho de colocar los puntos de luz a gran altura determina las ventajas e inconvenientes siguientes:

Ventajas:

- Buena distribución de luminancias sobre la calzada.
- Disminución del riesgo de deslumbramiento, lo que permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa.
- Se consigue una mayor separación (intervalo) entre los puntos de luz, lo cual reduce el costo de la instalación.

Inconvenientes:

- Dificulta las tareas de mantenimiento e incrementa sus costos.
- Disminuye el factor de utilización, ya que una mayor parte del flujo luminoso se dispersa.

Por su contraposición, una instalación de las luminarias demasiado baja tendría los efectos contrarios a los señalados.

Por todo ello, vemos que la elección de la altura de la luminaria, a priori, requiere el estudio de una serie de factores, que nos determinaran en cada caso concreto y dependiendo del tipo de vía, cual es la más adecuada para cada caso, estos factores son entre otros: la disposición de luminarias, el tipo de vía, la topografía del terreno, la

geometría de la instalación, la interferencia con equipos urbanos, la interferencia con árboles, etc.(Lujan Montoya & Escobar Gil, 2017)

A título orientativo, se aconsejan las siguientes alturas, en función de la potencia lumínica de las lámparas:

- Lámparas de pequeña potencia (<10000 Lm)..... de 6 a 8 m
- Lámparas de mediana potencia (entre 10000 y 25000 Lm)..... de 9 a 11 m
- Lámparas de gran potencia (>25000 Lm)..... de 12 a 16 m

### 2.7.3. Criterios de calidad

#### a. Coeficiente de Uniformidad

Es el coeficiente que indica la regularidad del nivel de iluminación de una determinada zona. La evaluación se realiza en base al coeficiente de uniformidad media/global (U0) y al coeficiente de uniformidad longitudinal (UL).(Segama Salvatierra, 2017)

$$U0=L_{\min} /L_m \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$UL=L_{\min}/L_{\max} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

#### b. Deslumbramiento (TI)

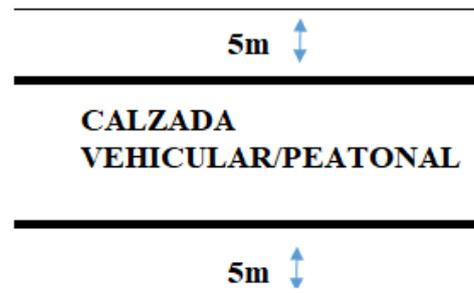
TI son las siglas de “incremento del umbral”, el cual esta expresado en tanto por ciento. Este indicador permite evaluar el nivel de deslumbramiento perturbador.(Segama Salvatierra, 2017)

#### c. Coeficiente de iluminación de los alrededores (SR)

SR son las siglas de “Surround Ratio”, el cual es una medida de iluminación de las zonas limítrofes de la vía (vereda, retiro, etc). Este indicador permite asegurar que los

objetos, peatones o vehículos sean visibles para los conductores. El coeficiente SR se obtiene calculando la iluminancia promedio de una franja de 5 metros de ancho a cada lado de la calzada. (Segama Salvatierra, 2017)

**Figura N° 2.27: Rango medición coeficiente alrededores**



*Fuente: (Segama Salvatierra, 2017)*

## 2.8. Glosario de términos básicos

- Calidad del servicio de alumbrado público.- Es el conjunto de características, técnicas, inherentes a la calidad del alumbrado público exigible por los usuarios del producto eléctrico y por los órganos competentes de la Administración. (Damas Niño, 2018)
- Unidad de Alumbrado Público: Se llama así al conjunto que conforma el equipo de alumbrado que consta de: el pastoral, la luminaria, la lámpara, el equipos auxiliar, entre otros. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)
- Cuadros de Mando: Es aquel equipo que controla el encendido y apagado del alumbrado público, consta de: el interruptor termomagnético, contactar electromagnético, fotocélula o reloj. (Avalos Marmanillo & Vargas Valencia, 2012)
- Altura de montaje. Distancia entre la lámpara y el suelo.

- Altura del poste. Longitud nominal medida verticalmente cuando el poste queda montado, incluyendo su base.
- Alumbrado público. Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.
- Balastro. Es un dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que limita la corriente de lámparas y cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.
- Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso emitido por la luminaria que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) las(s) lámpara(s) solas del luminario. Un coeficiente de utilización es derivado de la curva de utilización y es el porcentaje de lúmenes emitidos por la lámpara que incide en uno o dos áreas de longitud infinita, una que se extiende al frente del luminario (lado calle) y otra atrás del luminario (lado casa) cuando el luminario esta nivelado y orientado sobre la vialidad en una manera equivalente en la cual fue probado. Ya que el ancho de la vialidad esta expresado en términos de una relación de altura de montaje del luminario al ancho de la calle, este término no tiene unidades (unidimensional).
- Confort visual. Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.
- Curva de distribución. Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria, se representa en coordenadas polares y sus valores están dados en candelas.
- Curva Isolux. Son curvas que representan iguales niveles de iluminación sobre un plano de trabajo.
- Deslumbramiento. Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada

distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

- Eficacia de una Lámpara. Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (Watts) que requiere para operar, se expresa como lumen/W.
- Flujo luminoso. Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se define como: Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, se mide en Lumen (Lm).
- Iluminancia ( $E=d\Phi/dA$ ). Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).
- Intensidad luminosa. La intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada, es la relación que existe entre el flujo luminoso contenido en un ángulo solido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo solido expresado en estereorradianes. Su unidad es la candela.
- Luminancia (L). La luminancia es un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>).
- Lux. Se puede definir como la iluminación de una superficie de 1 metro cuadrado, cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de 1 lumen  
 $Lux=lumen/m^2$
- Temperatura de Color. Es una medida del color de la luz emitida por un cuerpo a una temperatura en particular, es expresada en grados Kelvin (K).(Hurtado Rodrigo, 2017)

## **2.9. Hipótesis de la investigación**

### **2.9.1. Hipótesis general**

La implementación de luminarias led mejora la calidad del servicio de alumbrado público en vías públicas de la ciudad de Puno, 2019

### **2.9.2. Hipótesis específicas**

- Es posible simular con el software DIALux y analizar los parámetros de iluminación en cumplimiento con la norma técnica.
- La implementación de luminarias led disminuye el consumo de energía eléctrica, lo que implica un ahorro en costos.
- Al comparar los costos de operación y mantenimiento del alumbrado público se obtiene un ahorro económico.
- La implementación de luminarias led justifican la inversión en la ciudad de Puno.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

##### a) Luxómetro

Este instrumento es propiedad de la “Empresa Electro Puno S.A.A.”, específicamente de la Gerencia de Operaciones el cual nos permitió medir la iluminancia real de las diferentes vías públicas céntricas de la ciudad de Puno, en las cuales se brinda el servicio de alumbrado público.

Marca : SONEL

Modelo : LXP-1

Unidad de medida : lux

**Figura N° 3.1: Luxómetro**



*Elaboración Propia*

## b) Receptor GPS

Equipo también de propiedad de la “Empresa Electro Puno S.A.A.”, el cual nos permitió recopilar datos de la ubicación de los puntos de iluminación de acuerdo al área seleccionada en coordinación con la Gerencia de Operaciones.

Marca : Garmin

Modelo : Oregon 750

**Figura N° 3.2: Receptor GPS**



*Elaboración propia*

## c) Pinza Amperimétrica

Equipo también de propiedad de la “Empresa Electro Puno S.A.A.”. Equipo que nos permitió medir los parámetros de operación de las luminarias con tecnología led, los cuales han de implementarse de la ciudad de Puno.

Marca : AEMC

Modelo : 520 TRMS CLAMP METER

Unidad de medida : Amperios, Voltios, Ohmios, Hertz

**Figura N° 3.3: Pinza amperimétrica**

*Elaboración propia*

- d) Microsoft Excel
- e) AutoCAD 2018
- f) DIALux 4.13
- g) Google Earth Pro

### **3.2. Tipo y diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque deductivo-cuantitativo ya que se evalúa las características y parámetros eléctricos y técnicos de la materia de estudio, se formulan las hipótesis; posteriormente se analizarán todos los datos recolectados y tratar del problema de la calidad del servicio de alumbrado público para finalmente comparar dos tecnologías y obtener los resultados. Los datos son recogidos en forma directa por el propio investigador.

El alcance de los estudios descriptivos busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden

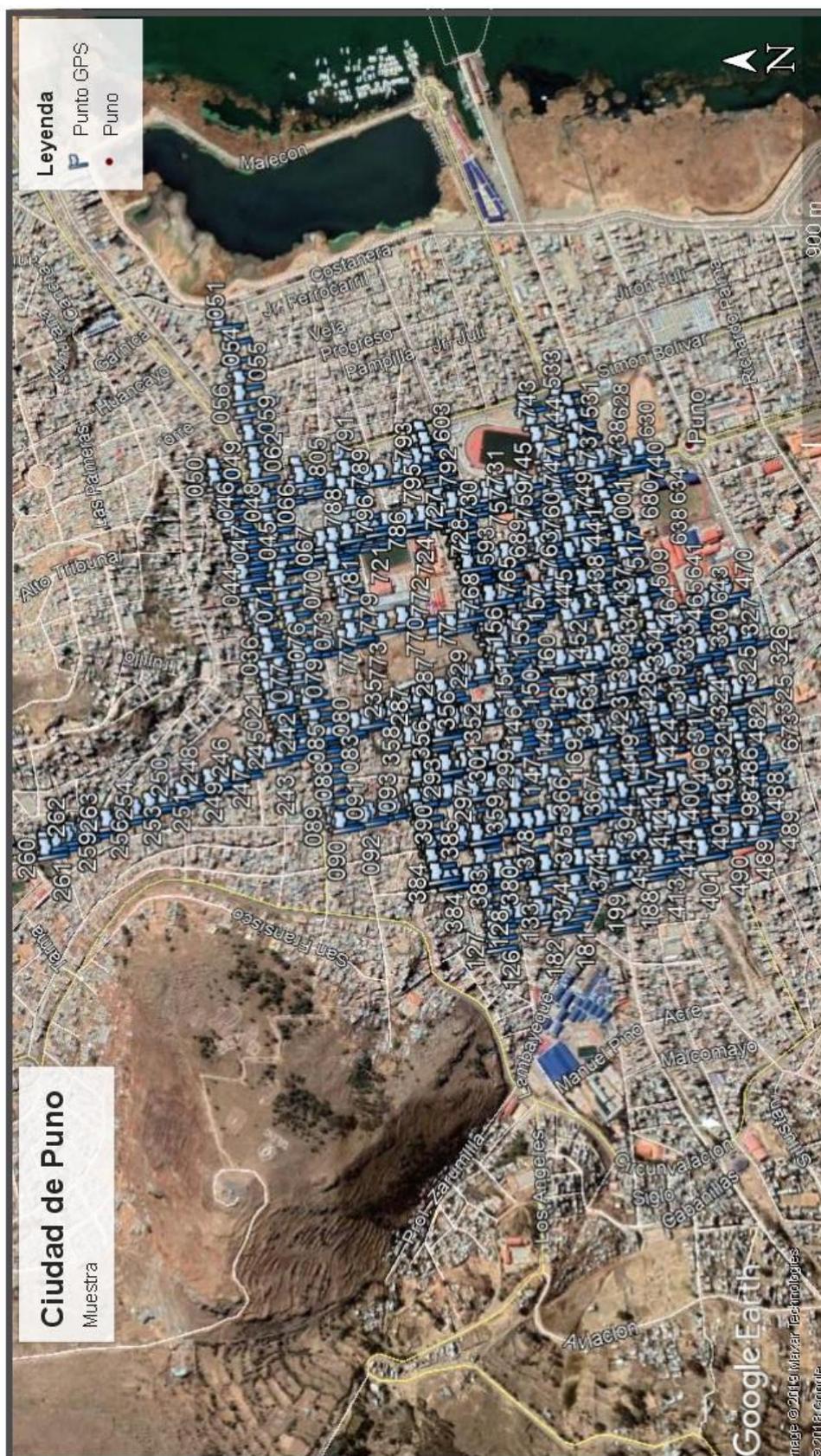
medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Al definir el alcance del estudio el investigador decide formular o no hipótesis. Las hipótesis son el centro del enfoque cuantitativo-deductivo, contienen variables; éstas son propiedades cuya variación es susceptible de ser medida, observada o inferida. Las hipótesis surgen normalmente del planteamiento del problema y la revisión de la literatura, y algunas veces a partir de teorías. Dentro del enfoque deductivo-cuantitativo, las hipótesis se contrastan con la realidad para aceptarse o rechazarse en un contexto determinado.(Hernández Sampieri et al., 2014)

### 3.3. Población y muestra de la investigación

- a) **Población:** Para este trabajo de investigación se tendrá como población el sistema de alumbrado público compuesto por luminarias convencionales con lámparas de VSAP de la ciudad de Puno.
- b) **Muestra:** Se tendrá como muestra el alumbrado público que conforma la zona céntrica de la ciudad de Puno (ver Figura N° 3.4), los mismos que se analizarán con luminarias convencionales con lámparas de VSAP y con luminarias con tecnología led de tres diferentes potencias.

Figura N° 3.4: Área de estudio



Elaboración propia

### 3.4. Técnicas, instrumentos y fuentes para recolectar información

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, se utilizaron las siguientes técnicas, instrumentos y fuentes:

**Tabla N° 3.1: Técnicas, instrumentos o fuentes para recolectar información.**

Técnicas	Instrumentos o Fuentes
Información Preliminar	Internet, libros, entrevistas, base de datos.
Mediciones directas	Multímetro, GPS Garmin, cámara fotográfica.
Diseño de planos	AutoCAD 2018, Google Earth.
Cálculos justificativos	Calculadora, Programa microsoft excel, software DIALUX de la empresa Philips.

*Elaboración propia*

Se efectuó el siguiente procedimiento:

- Consulta bibliográfica y recolección de datos relacionadas a la tesis.
- Coordinación con personal de la Gerencia de Operaciones de la Empresa Electro Puno S.A.A. para planificar las actividades y definir las calles de la ciudad de Puno que serán implementadas con luminarias con tecnología led.
- Ejecución de las mediciones con GPS de los puntos de alumbrado público una vez definida el área a implementar, aprovechando también haciendo el reconocimiento visual de las luminarias (marca, potencia), así como el estado actual de las estructuras (postes, pastoral, abrazaderas).
- Procesamiento de datos recolectados en AutoCAD 2018, Google Earth, Excel. Comenzando de esa manera el análisis y descripción de las características actuales del alumbrado público convencional en el área definida anteriormente.

- Medición de la iluminancia de las diferentes vías públicas mediante el equipo de medición luxómetro para realizar los cálculos y verificar el cumplimiento con la normativa vigente.
- Simulación en el software DIALux de la iluminación de las diferentes calles con las luminarias con tecnología led utilizando los datos recolectados inicialmente. De esta manera analizar y definir las luminarias a instalar.
- Medición de la iluminancia de las diferentes vías públicas mediante el equipo de medición luxómetro, de este modo comparar con los datos de la simulación, asimismo analizar la mejora de la calidad con respecto a las luminarias convencionales. Por otro lado verificar el cumplimiento de los parámetros de acuerdo a la normativa vigente.
- Analizar el beneficio técnico-económico de esta implementación y determinar las ventajas que se obtuvieron gracias a esta tecnología aplicada en la ciudad de Puno.

### **3.5. Aspectos generales**

#### **3.5.1. Ubicación**

La ubicación del trabajo de investigación es en la ciudad de Puno.

**Figura N° 3.5: Ubicación del trabajo de investigación**

*Fuente: Google Earth*

#### a) UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Departamento : Puno

Provincia : Puno

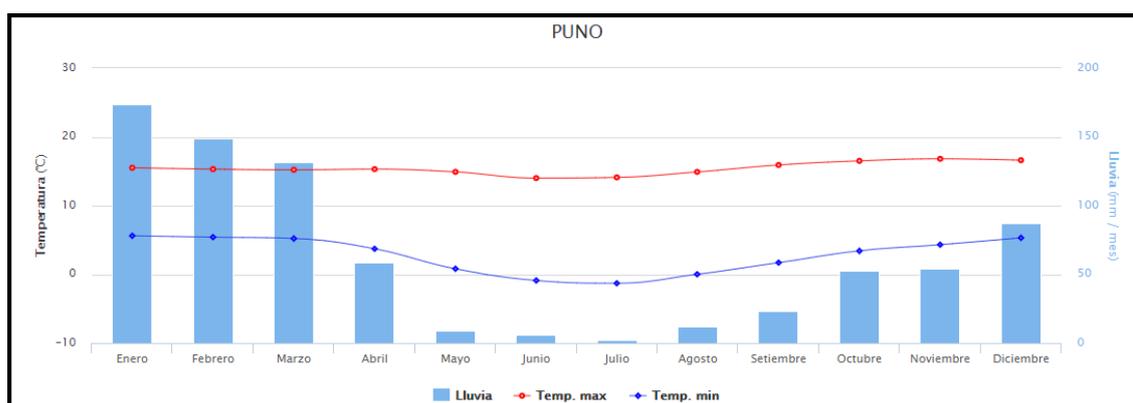
Distrito : Puno

Altitud : 3827 m.s.n.m.

Coordenadas : 390581.00 m E  
8248491.00 m S

#### b) TEMPERATURA

Según SENAMHI para Puno, el mes con temperatura más alta es noviembre (16.8°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (-1.3°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de enero (173.72 mm/mes).

**Figura N° 3.6: Temperaturas de la ciudad de Puno año 2019**

*Fuente: SENAMHI*

### 3.6. Alumbrado público con luminarias convencionales

Una vez definido con personal de la Gerencia de Operaciones el área que abarcará las calles, las cuales serán implementadas con luminarias con tecnología led. Se procede a georreferenciar los puntos de iluminación utilizando el equipo GSP Garmin, asimismo se hace el reconocimiento del estado de las partes que conforma las unidades de alumbrado público.

De esta manera de paso a procesar los datos recolectados obteniendo las siguientes tablas:

#### 3.6.1. Vías públicas con luminarias convencionales

Se recorrió cada una de las vías que conforman el área de implementación, asimismo se obtuvo las potencias de las luminarias por calle, además se contabilizó la cantidad de puntos encontrando también 5 DT3 y de esta manera se obtuvo el siguiente resumen:

**Tabla N° 3.2: Vías públicas del área del proyecto**

CANTIDAD DE LUMINARIAS POR VÍAS					
ítem	Dirección	Cantidad de Puntos	250 W	150 W	70 W
1	Av. Floral	45	21	14	9
2	Jr. Inca Catari	3	0	3	0
3	Jr. Lampa	32	32	0	0
4	Jr. Mariano H. Cornejo	7	1	6	0
5	Jr. Independencia	11	7	2	2
6	Jr. Lima	12	0	12	0
7	Jr. Deza	21	6	4	11
8	Jr. Azogueine	7	0	0	7
9	Jr. Fermin Arbulu	9	0	9	0
10	Jr. Santiago Giraldo	11	1	5	5
11	Jr. Carlos B. Oquendo	11	0	11	0
12	Jr. Alfonso Ugarte	15	2	8	5
13	Jr. Lambayeque	14	0	1	12
14	Jr. llave	16	0	1	15
15	Jr. La Libertad	19	0	16	2
16	Jr. Mariano Melgar	20	0	8	12
17	Av. La Torre	63	24	30	9
18	Jr. Pardo	12	6	0	6
19	Jr. Junin	4	0	4	0
20	Jr. Moquegua	22	4	13	5
21	Jr. Teodoro Valcarcel	8	0	4	4
22	Jr. Tarapaca	11	2	2	7
23	Jr. Loreto	14	0	0	14
24	Jr. Conde de Lemus	7	0	0	7
25	Jr. Deustua	16	3	11	2
26	Jr. Ayacucho	12	0	0	12
27	Psje. Grau	11	0	3	8
28	Jr. Piura	4	0	0	4
29	Jr. Tacna	25	3	20	2
30	Jr. Cajamarca	19	0	2	17
31	Jr. Puno	16	2	12	2
32	Av. El Puerto	27	1	24	2
33	Psje. Wendorff	6	0	0	6
34	Av. Cahuide	32	4	26	2
35	Jr. Pineda Arce	9	0	1	8

Continúa...

36	Jr. Sucre	3	3	0	0
37	Jr. Los Incas	39	0	15	23
38	Jr. Carabaya	18	1	7	10
39	Jr. Huancané	17	0	4	12
40	Av. Titicaca	28	18	9	1
41	Jr. Ancash	7	0	0	7
42	Av. El Sol	63	37	24	2
43	Jr. Arequipa	28	0	22	6
44	Jr. Santa Cruz	2	0	1	1
45	Jr. Ilo	13	0	12	1
46	Jr. Talara	7	0	0	7
47	Jr. Virgen de la Candelaria	6	0	1	5
48	Jr. Andahuaylas	12	0	0	12
49	Jr. 29 de Junio	3	0	0	3
<b>TOTAL</b>		<b>817</b>	<b>178</b>	<b>347</b>	<b>287</b>

*Elaboración Propia*

También se hizo reconocimiento de las marcas de luminarias instaladas los mismos que a través de los años fueron cambiando dentro de los cuales tenemos: Celsa, Astro Jوسفel, Philips, Roy Alpha y Schröder, así tenemos el siguiente resumen:

**Tabla N° 3.3: Marcas de luminarias convencionales**

MARCA	ABREVIACIÓN	CANTIDAD
Celsa	C	258
Astro Jوسفel	A	116
Philips	P	265
Roy Alpha	R	69
Schröder	S	104
<b>TOTAL</b>		<b>812</b>

*Elaboración Propia*

Se encontró que como marcas de luminarias también se clasificaban por potencias los cuales no consideran las pérdidas en operación. Entonces tenemos la siguiente tabla:

**Tabla N° 3.4: Marcas y potencias de las luminarias convencionales**

LUMINARIA	POTENCIA	CANTIDAD
Celsa	70	43
	150	147
	250	68
Astro Josfel	70	54
	150	30
	250	32
Philips	70	84
	150	103
	250	78
Roy Alpha	70	2
	150	67
	250	0
Schröder	70	104
	150	0
	250	0
TOTAL		812

*Elaboración Propia*

Debido a la necesidad de contar con la cantidad de puntos a iluminar con la nueva tecnología, gracias a la inspección en campo en conjunto con un personal de la Empresa Electro Puno S.A.A. se pudo lograr obtener lo siguiente:

**Tabla N° 3.5: Resumen de potencias de luminarias convencionales**

LUMINARIAS CON LÁMPARAS VSAP	
POTENCIA(W)	CANTIDAD
250W	178
150W	347
70W	287
TOTAL	812

*Elaboración Propia*

Por otro lado se procesó una base de datos de los soportes de las unidades de alumbrado público, los mismos que van desde postes de C.A.C. 8/200 hasta postes de

15/500. Cabe señalar que algunas calles contaban con una disposición central con doble brazo. También se encontraron un soporte de riel y una luminaria empotrada en la pared de una vivienda (SIN POSTE), de esta manera se tiene:

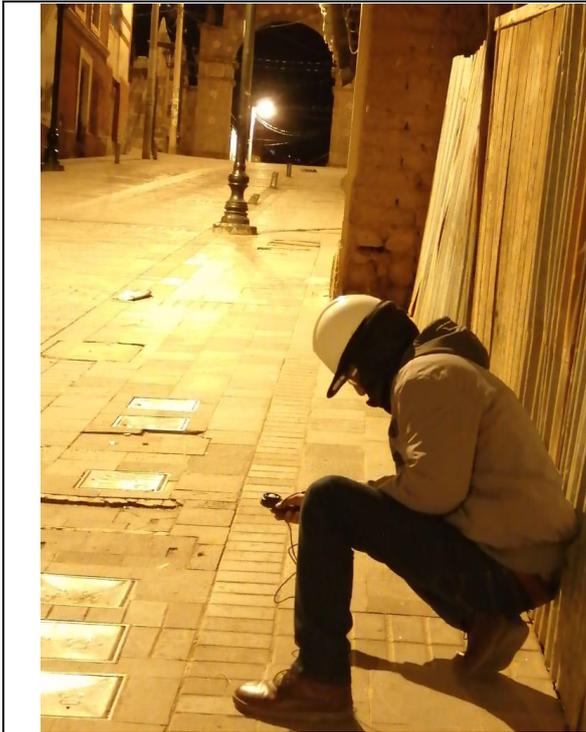
**Tabla N° 3.6: Resumen de soportes**

POSTE	CANTIDAD
8/200	581
8/300	113
9/200	11
9/300	30
12/400	5
13/400	57
15/500	3
RIEL	1
SIN POSTE	1
TOTAL	802

*Elaboración Propia*

### 3.6.2. Estado del alumbrado público antes de la implementación de la nueva tecnología

Se aprovechó en horario nocturno para recorrer las vías principales, las cuales serán muestra referencial de las mediciones a ejecutar. Fruto de las visitas realizadas se tiene el siguiente marco fotográfico:



**1.- Jr. Independencia**



**2.- Jr. Lambayeque**



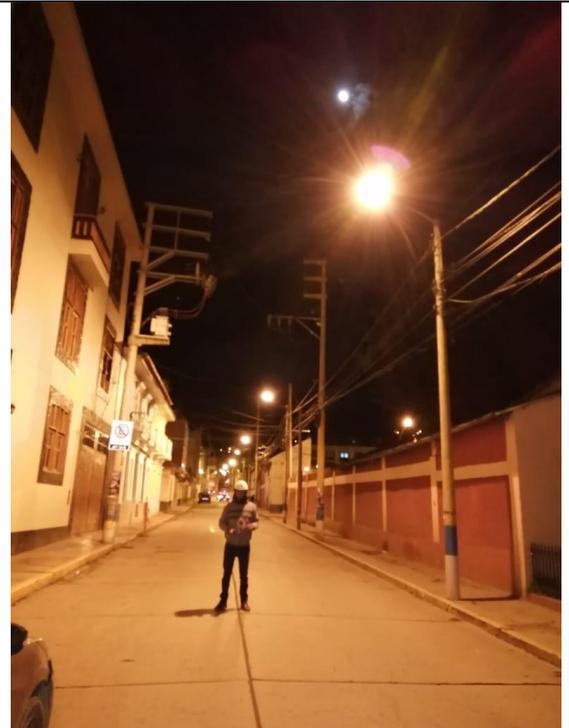
**3.- Jr. Arequipa**



**4.- Jr.- Moquegua**



**5.- Jr. Tarapacá**



**6.- Jr. Deza**



**7.- Jr. Pardo**



**8.- Jr. El Puerto**



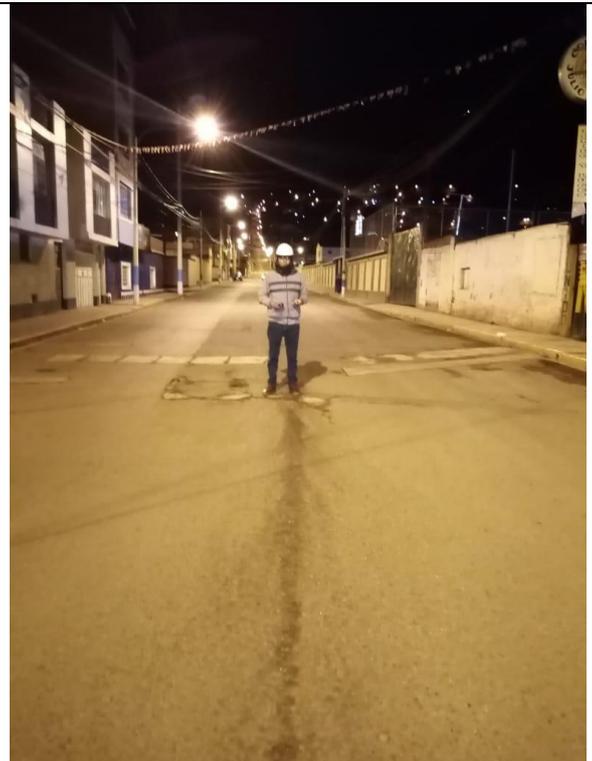
**9.- Jr. Andahuaylas**



**10.- Av. La Torre**



**11.- Jr. Carabaya**



**12.- Jr. Lampa**



**13.- Av. Floral**



**14.- Av. El Sol**



**15.- Jr. Titicaca**



**Jr. Deza - Medición con Luxómetro**

*Elaboración Propia*

### 3.6.3. Calidad del servicio de alumbrado público

Con el objetivo de evaluar la calidad del servicio de alumbrado público se toma como referencia la norma técnica DGE: “ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ZONAS DE CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN” (RM. N° 013-2003-EM/DM). En este proceso se seleccionó las siguientes vías referenciales para el registro del nivel de iluminancia:

- Jr. Independencia (ancho de calzada 7m), inicialmente luminarias de 250W y se proyecta instalar luminarias de 55W.
- Jr. Lambayeque (ancho de calzada 7m), inicialmente luminarias de 70W y se proyecta instalar luminarias de 55W.
- Jr. Arequipa (ancho de calzada 5m), inicialmente luminarias de 150W y se proyecta instalar luminarias de 55W.
- Jr. Moquegua (ancho de calzada 7m), inicialmente luminarias de 150W y se proyecta instalar luminarias de 55W.
- Jr. Tarapacá (ancho de calzada 5m), inicialmente luminarias de 70W y se proyecta instalar luminarias de 55W.
- Jr. Deza (ancho de calzada 8m), inicialmente luminarias de 250W y se proyecta instalar luminarias de 94W.
- Jr. Pardo (ancho de calzada 9m), inicialmente luminarias de 250W y se proyecta instalar luminarias de 140W.
- Av. El Puerto (ancho de vía 13m incluyendo ferrocarril), inicialmente luminarias de 150W y se proyecta instalar luminarias de 94W.
- Jr. Andahuaylas (ancho de calzada 9m), inicialmente luminarias de 70W y se proyecta instalar luminarias 55W.

- Av. La Torre (ancho de calzada 15m), inicialmente luminarias de 150W y 250W y se proyecta instalar luminarias de 94W y 140W respectivamente.
- Jr. Carabaya (ancho de calzada 14m), inicialmente luminarias de 150W y se proyecta instalar luminarias de 94W.
- Jr. Lampa (ancho de calzada 11m), inicialmente luminarias de 250W y se proyecta instalar luminarias de 140W.
- Av. Floral (ancho de vía 20m incluyendo acera central y ferrocarril), inicialmente luminarias de 250W y 150 W por lo que se proyecta instalar luminarias de 94W.
- Av. El Sol (ancho de la vía 22m incluyendo acera y jardín central), inicialmente luminarias de 150W y 250W; por lo que se proyecta instalar luminarias de 94W.
- Av. Titicaca (ancho de la vía 22m incluyendo acera y jardín central), inicialmente luminarias de 250W y se proyecta instalar luminarias de 94W.

Se seleccionaron 15 vías públicas principales y referenciales para tomar las medidas correspondientes antes y después de la ejecución del proyecto.

### Medición 01: Jr. Independencia

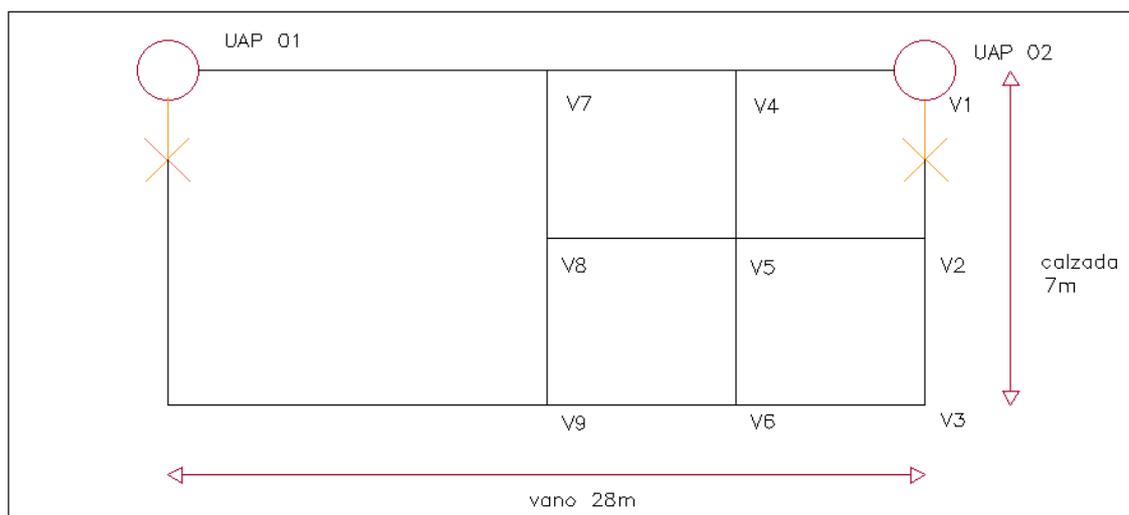
Se realizaron dos mediciones en vanos con diferentes marcas de luminaria.

#### a) Luminaria Marca Astro Josfel

**Tabla N° 3.7: Datos Jr. Independencia con luminaria Astro Josfel**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	7.5m	Altura de montaje	7.5m
Tipo de Pastoral	Sucre	Tipo de Pastoral	Sucre
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Astro Josfel	Marca de la Luminaria	Astro Josfel
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	0.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	19	V4	12.1	V7	3.8
V2	22.2	V5	12.4	V8	4.3
V3	12.3	V6	6.1	V9	3.5

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
10.63	3.50	22.20	0.33	0.16

*Elaboración Propia*

Factor de uniformidad media:  $U_0 = E_{min}/E_{med}$

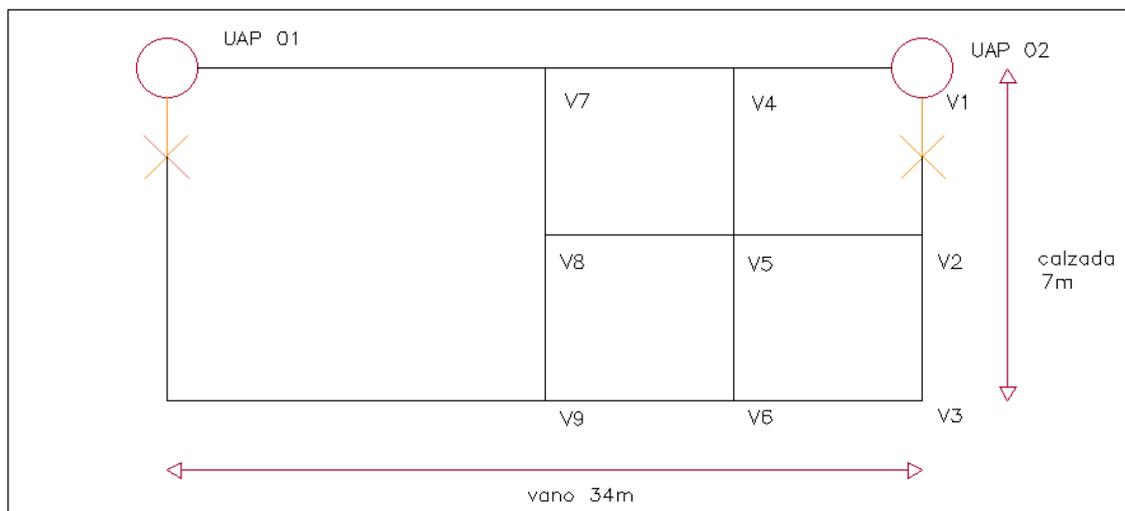
Factor de uniformidad extrema:  $U_L = E_{min}/E_{máx}$

**b) Luminaria marca Philips**

**Tabla N° 3.8: Datos Jr. Independencia con luminaria Philips**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	7.5m	Altura de montaje	7.5m
Tipo de Pastoral	sucre	Tipo de Pastoral	sucre
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Philips	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	0.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	63.1	V4	26	V7	17
V2	101.1	V5	30.1	V8	17.5
V3	67.2	V6	19.5	V9	17.6

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
39.90	17.00	101.10	0.43	0.17

*Elaboración Propia*

### Medición 02: Jr. Lambayeque

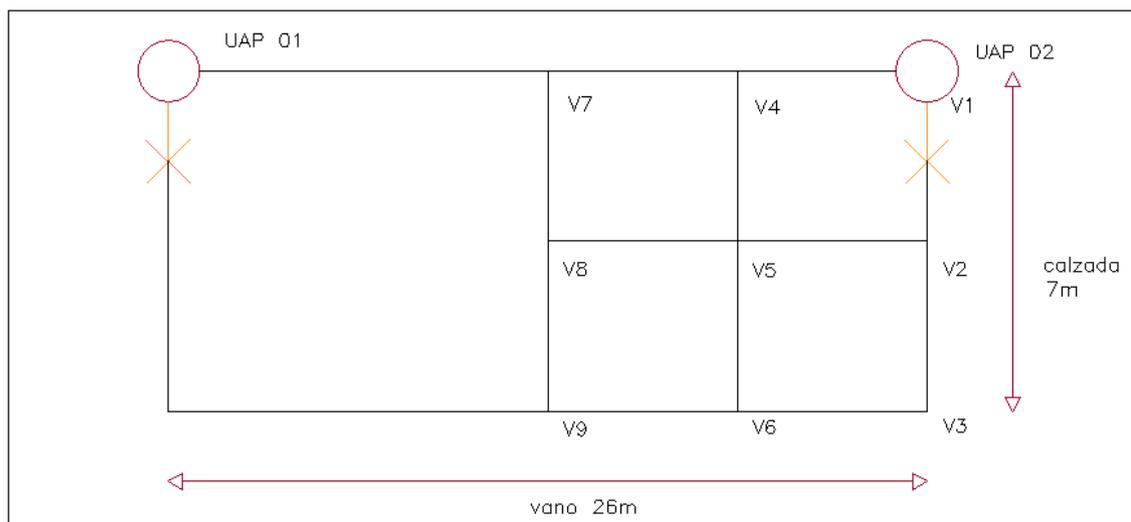
Se realizaron dos mediciones en vanos con diferentes marcas de luminaria.

#### a) Luminaria marca Celsa

**Tabla N° 3.9: Datos Jr. Lambayeque con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	70W	Potencia de Luminaria	70W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	19	V4	12.1	V7	3.8
V2	22.2	V5	12.4	V8	4.3
V3	12.3	V6	6.1	V9	3.5

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
10.63	3.50	22.20	0.33	0.16

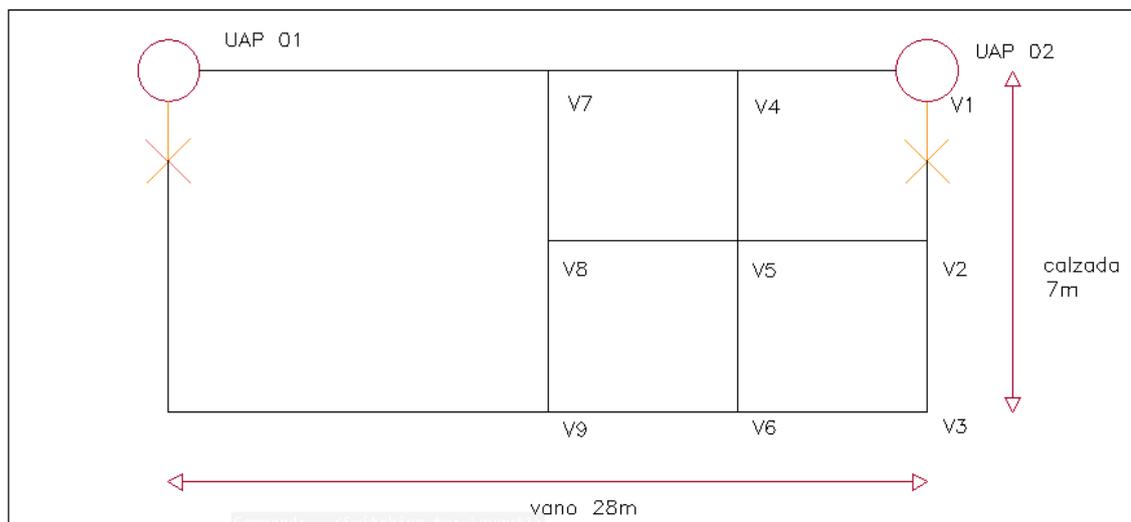
*Elaboración Propia*

**b) Luminaria marca Schröder**

**Tabla N° 3.10: Datos Jr. Lambayeque con luminaria Schröder**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	70W	Potencia de Luminaria	70W
Marca de la luminaria	Schröder	Marca de la Luminaria	Schröder
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	63.1	V4	26	V7	17
V2	101.1	V5	30.1	V8	17.5
V3	67.2	V6	19.5	V9	17.6

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
39.90	17.00	101.10	0.43	0.17

*Elaboración Propia*

### Medición 03: Jr. Arequipa

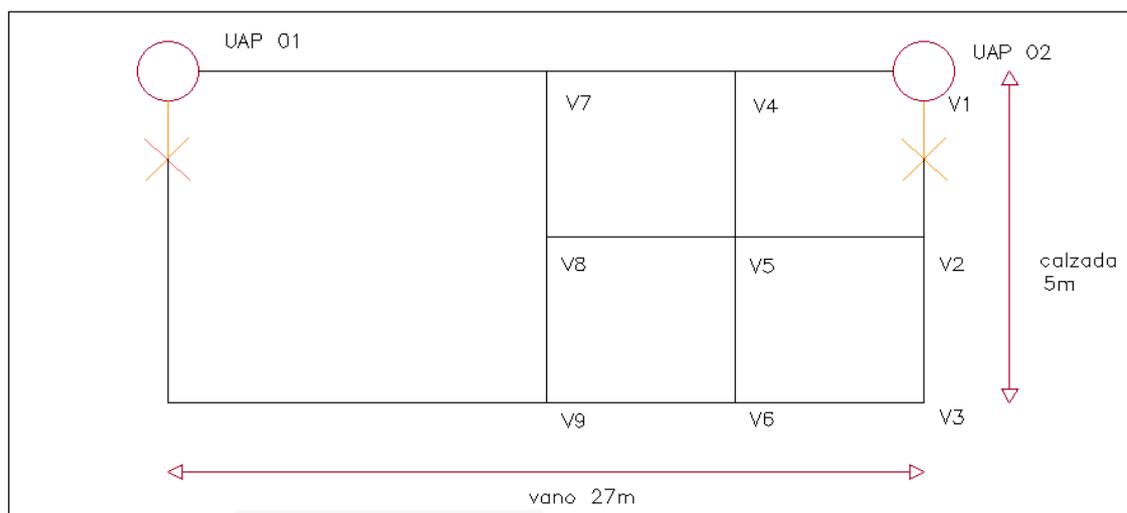
Se realizaron dos mediciones en vanos con diferentes marcas de luminaria.

#### a) Luminaria Marca Astro Jوسفel

**Tabla N° 3.11: Datos Jr. Arequipa con luminaria Astro Jوسفel**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Astro Jوسفel	Marca de la Luminaria	Astro Jوسفel
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	6.4	V4	2.1	V7	1
V2	12.2	V5	4.8	V8	1.4
V3	15.7	V6	7	V9	2

Emed	Emin	Emáx	U <sub>o</sub>	U <sub>L</sub>
5.84	1.00	15.70	0.17	0.06

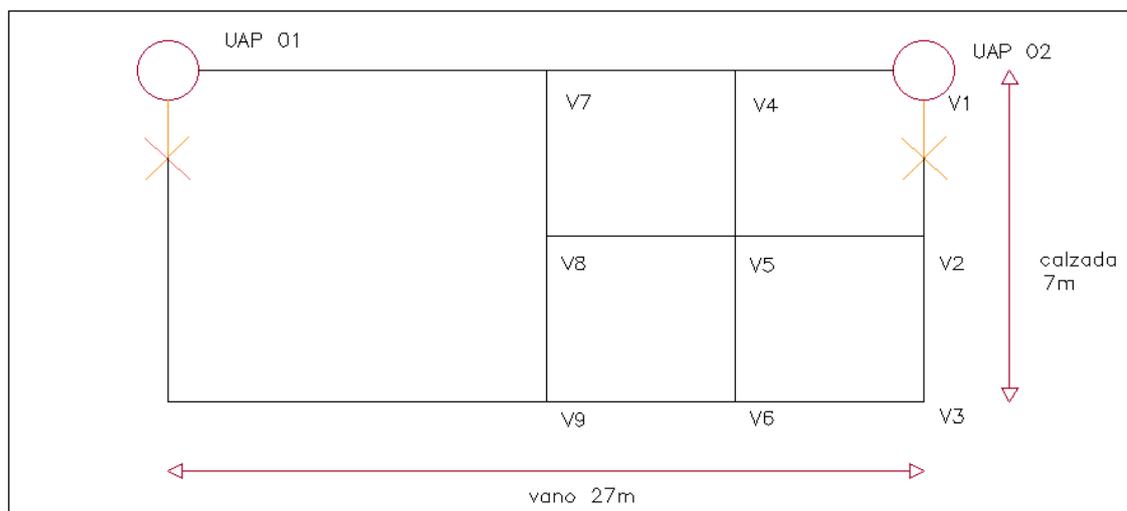
*Elaboración Propia*

**b) Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.12: Datos Jr. Arequipa con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	22	V4	20.8	V7	8
V2	35.5	V5	22.5	V8	14
V3	20.8	V6	15	V9	10.7

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
18.81	8.00	35.50	0.43	0.23

*Elaboración Propia*

### Medición 04: Jr. Moquegua

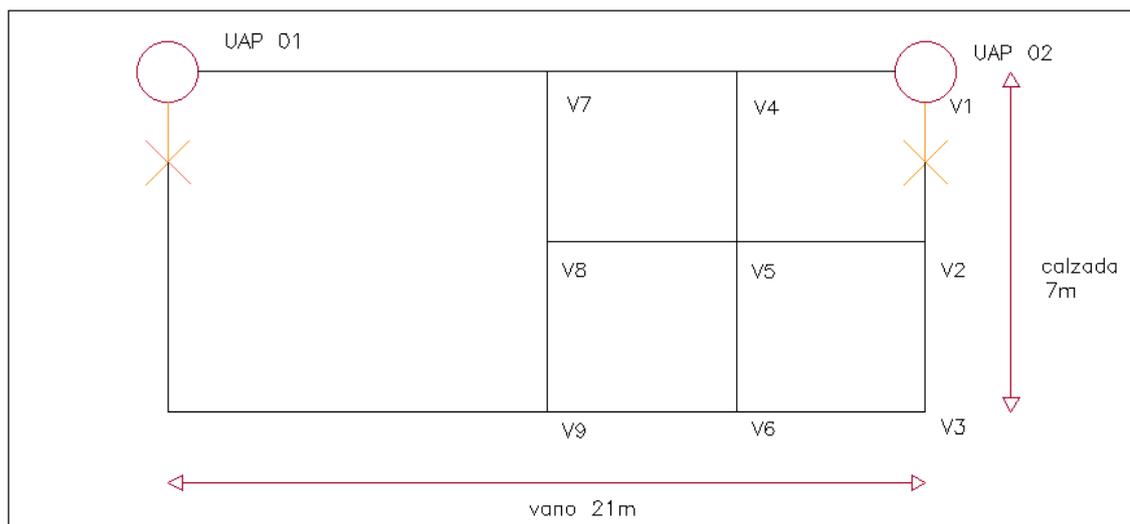
Se realizaron dos mediciones en vanos con diferentes marcas de luminaria.

#### a) Luminaria Marca Astro Jوسفel

**Tabla N° 3.13: Datos Jr. Moquegua con luminaria Astro Jوسفel**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Astro Jوسفel	Marca de la Luminaria	Astro Jوسفel
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	16.8	V4	12.7	V7	8.2
V2	18.5	V5	12.5	V8	8.7
V3	10	V6	7.3	V9	6.1

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
11.20	6.10	18.50	0.54	0.33

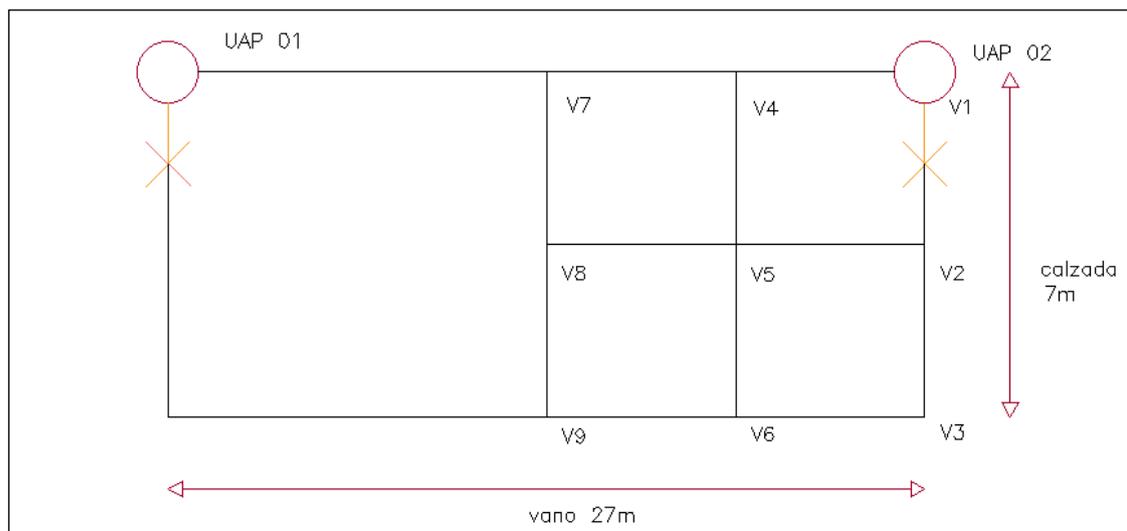
*Elaboración Propia*

**b) Luminaria Marca Philips**

**Tabla N° 3.14: Datos Jr. Moquegua con luminaria Philips**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Philips	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	10	V4	5.2	V7	1.2
V2	16.7	V5	9.5	V8	4.5
V3	14.5	V6	9.1	V9	5

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
8.41	1.20	16.70	0.14	0.07

*Elaboración Propia*

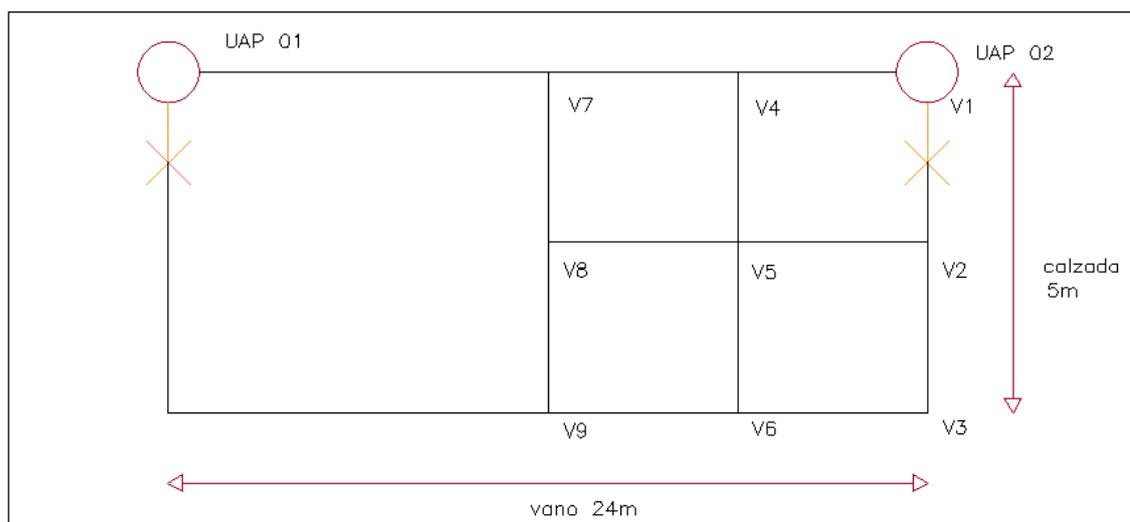
**Medición 05: Jr. Tarapacá**

**Luminaria Marca Schröder**

**Tabla N° 3.15: Datos Jr. Tarapaca con luminaria Schröder**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	70W	Potencia de Luminaria	70W
Marca de la luminaria	schröder	Marca de la Luminaria	schröder
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	4.2	V4	2	V7	0.5
V2	5.3	V5	4	V8	0.6
V3	4.3	V6	4.1	V9	0.5

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
2.83	0.50	5.30	0.18	0.09

*Elaboración Propia*

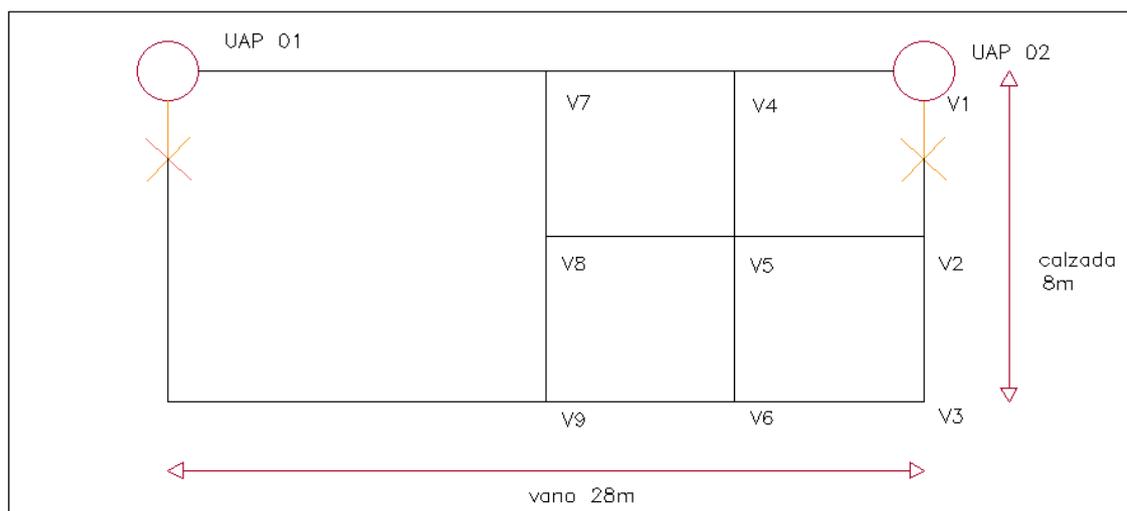
**Medición 06: Jr. Deza**

**Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.16: Datos Jr. Deza con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.6m	Altura de montaje	8.6m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	1.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	25.7	V4	10	V7	10.5
V2	41.6	V5	15	V8	7.8
V3	25	V6	17	V9	4

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
17.40	4.00	41.60	0.23	0.10

*Elaboración Propia*

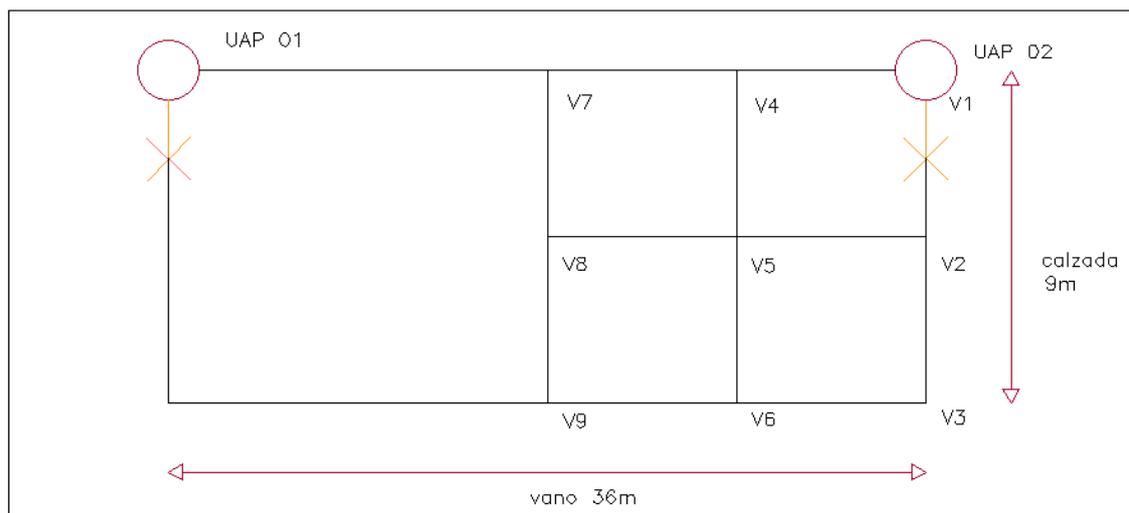
**Medición 07: Jr. Pardo**

**Luminaria Marca Philips**

**Tabla N° 3.17: Datos Jr. Pardo con luminaria Philips**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Philips	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	2.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	33.6	V4	15.9	V7	7.7
V2	74.1	V5	27.7	V8	16.5
V3	67	V6	24	V9	12.4

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
30.99	7.70	74.10	0.25	0.10

*Elaboración Propia*

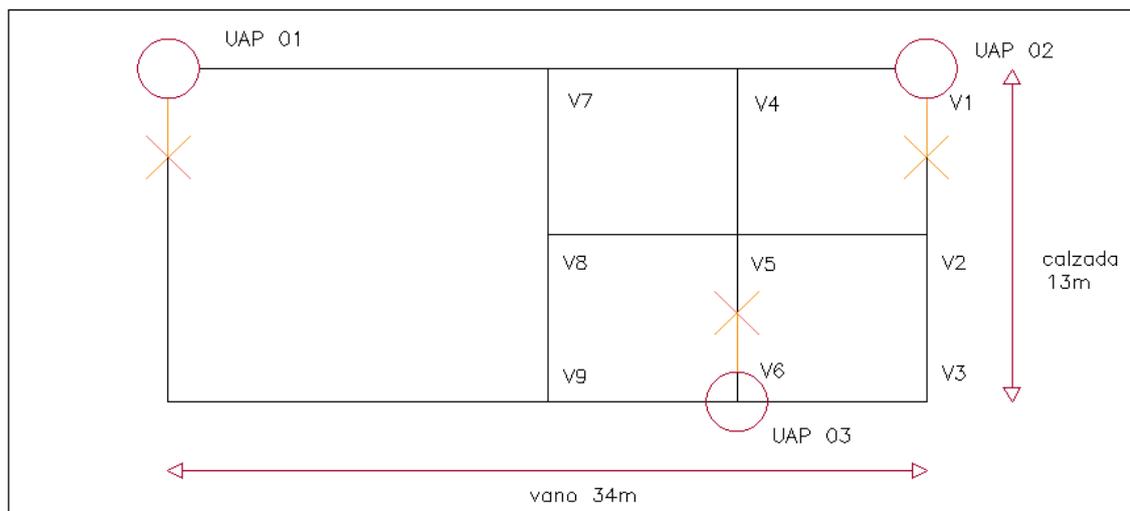
**Medición 08: Jr. El Puerto**

**Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.18: Datos Jr. El Puerto con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02 y UAP 03	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	28	V4	11.8	V7	3.3
V2	33.7	V5	32	V8	6
V3	10.4	V6	32.7	V9	6

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
18.21	3.30	33.70	0.18	0.10

*Elaboración Propia*

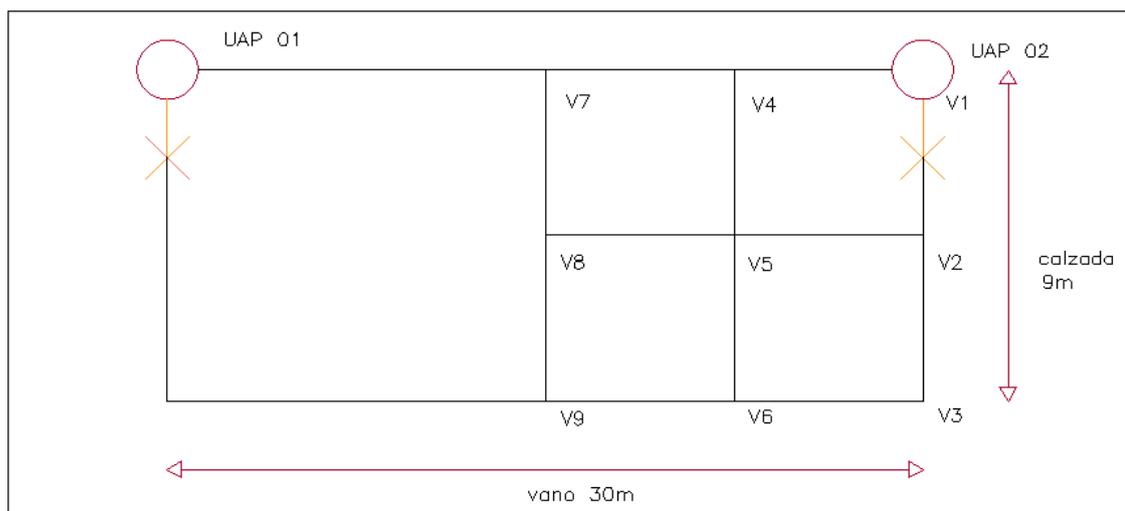
**Medición 09: Jr. Andahuaylas**

**Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.19: Datos Jr. Andahuaylas con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	55W	Potencia de Luminaria	55W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	1m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	7.5	V4	3.3	V7	0.2
V2	12.7	V5	10.2	V8	3.5
V3	1.6	V6	2	V9	0.3

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
4.59	0.20	12.70	0.04	0.02

Elaboración Propia

### Medición 10: Av. La Torre

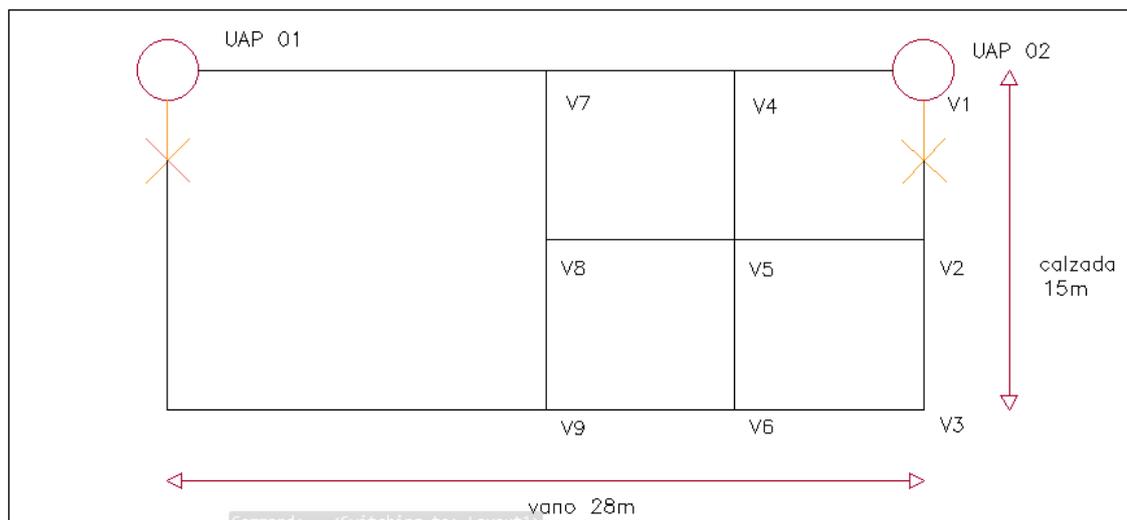
Se realizaron dos mediciones en vanos con diferentes marcas de luminaria.

#### a) Luminaria Marca Celsa

Tabla N° 3.20: Datos Av. La Torre con luminaria Celsa

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m

Elaboración Propia



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	12.3	V4	5.2	V7	2.4
V2	24.5	V5	13.6	V8	11.2
V3	7.3	V6	7.2	V9	7

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
10.08	2.40	24.50	0.24	0.10

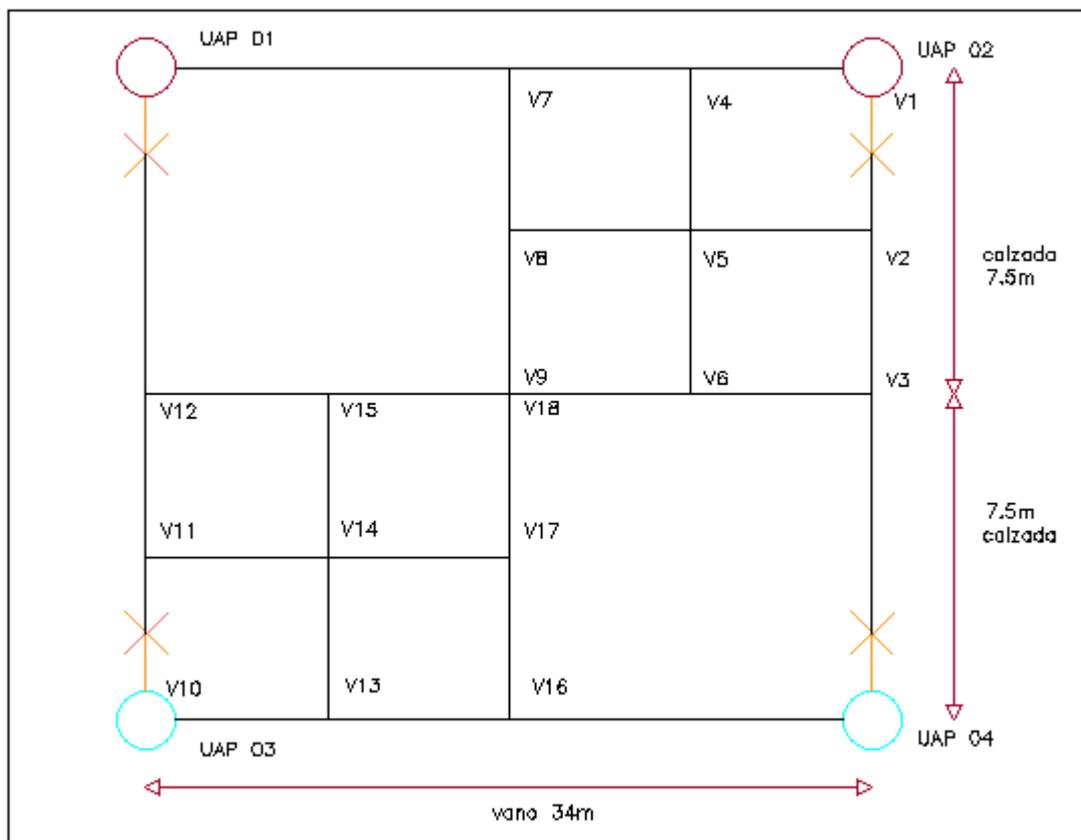
Elaboración Propia

b) Luminaria Marca Celsa y Philips

Tabla N° 3.21: Datos Av. La Torre con luminaria Celsa y Philips

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m
UAP 03		UAP 04	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	Fierro	Tipo de Pastoral	Fierro
Potencia de Luminaria	70W	Potencia de Luminaria	70W
Marca de la luminaria	Philips	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m

Elaboración Propia



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	23.5	V4	9.7	V7	3.5
V2	42	V5	18	V8	8.5
V3	48.8	V6	24.6	V9	12.1
Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V10	26	V13	19	V16	14
V11	51.5	V14	29	V17	15.2
V12	52.6	V15	24.5	V18	9.3

E <sub>med</sub>	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	U <sub>o</sub>	U <sub>L</sub>
21.19	3.50	48.80	0.17	0.07

V1 al V9

E <sub>med</sub>	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	U <sub>o</sub>	U <sub>L</sub>
26.79	9.30	52.60	0.35	0.18

V10 al V18

*Elaboración Propia*

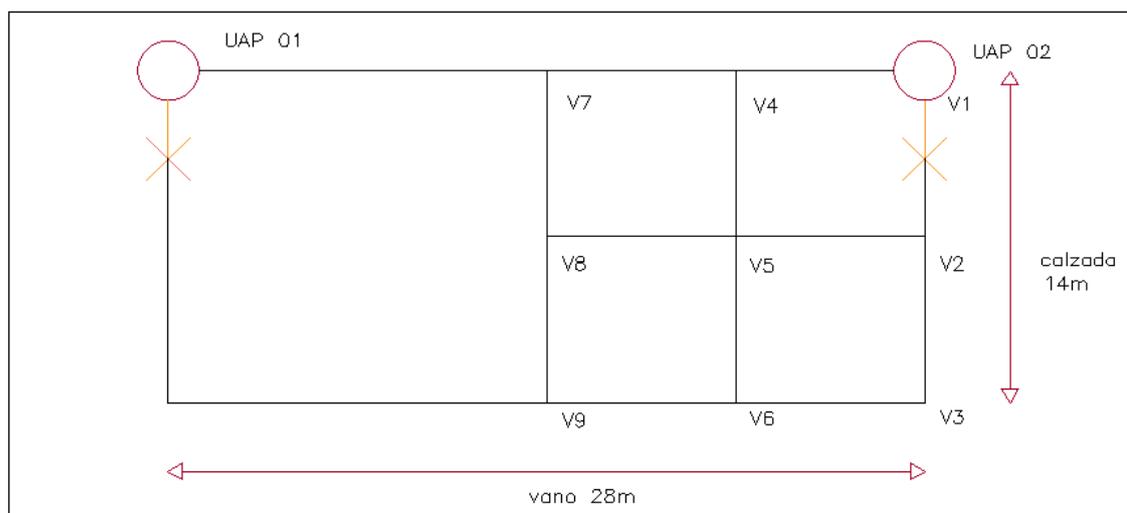
**Medición 11: Jr. Carabaya**

**Luminaria Marca Roy Alpha**

**Tabla N° 3.22: Datos Jr. Carabaya con luminaria Roy Alpha**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Roy Alpha	Marca de la Luminaria	Roy Alpha
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	2.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	10	V4	2	V7	0.2
V2	11.5	V5	4	V8	1.5
V3	0.3	V6	0.3	V9	0.2

Emed	Emin	Emáx	U <sub>0</sub>	U <sub>L</sub>
3.33	0.20	11.50	0.06	0.02

*Elaboración Propia*

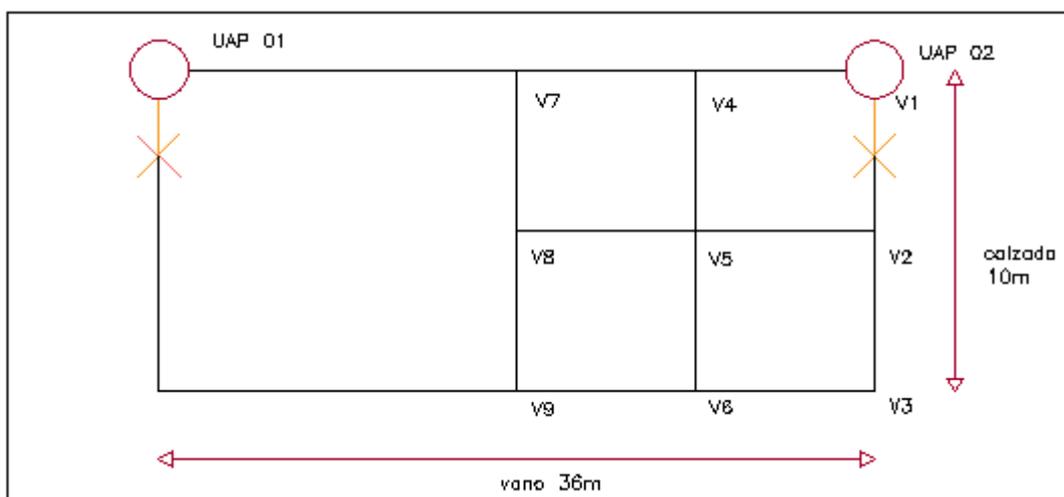
**Medición 12: Jr. Lampa**

**a) Luminaria Marca Philips**

**Tabla N° 3.23: Datos Jr. Lampa con luminaria Philips**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	sucre
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Philips	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	clara	Medida del pastoral	1.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	29.8	V4	7.2	V7	2
V2	55	V5	8.6	V8	2.4
V3	21.3	V6	3	V9	1

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
14.48	1.00	55.00	0.07	0.02

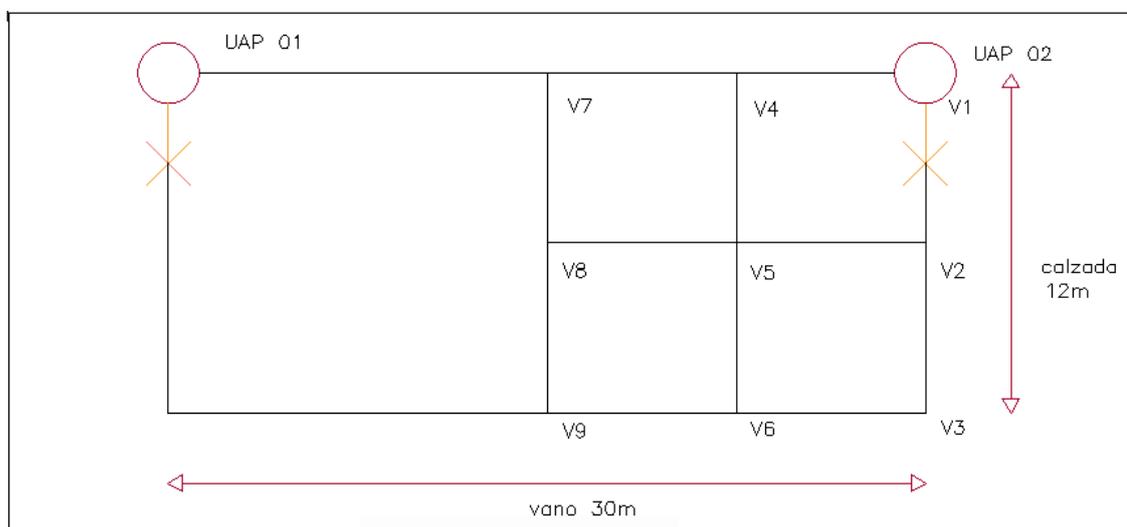
*Elaboración Propia*

**b) Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.24: Datos Jr. Lampa con luminaria Celsa**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	30.5	V4	11	V7	1.4
V2	57.2	V5	20.9	V8	7.2
V3	19.8	V6	13.3	V9	8

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
18.81	1.40	57.20	0.07	0.02

*Elaboración Propia*

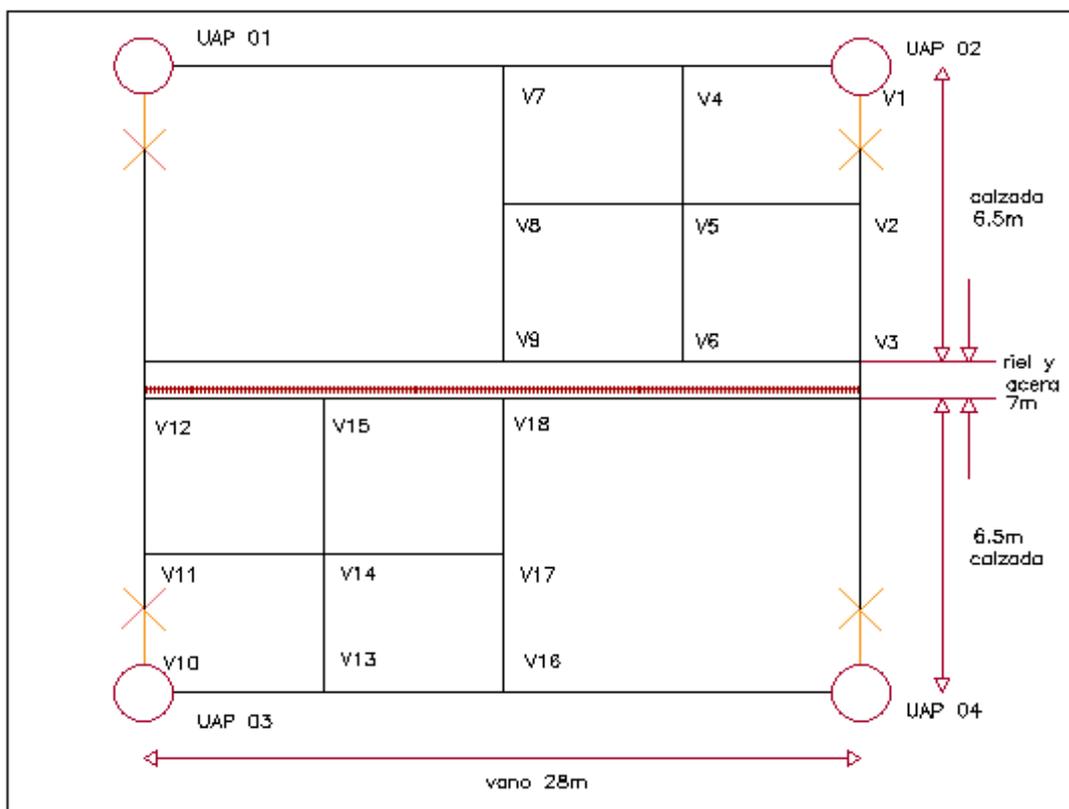
**Medición 13: Av. Floral**

**Luminaria Marca Celsa y Astro Jوسفel**

**Tabla N° 3.25: Datos Av. Floral con luminarias Celsa y Astro Jوسفel**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Astro Jوسفel	Marca de la Luminaria	Astro Jوسفel
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1.5m
UAP 03		UAP 04	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	150W	Potencia de Luminaria	150W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	1.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	13	V4	6.2	V7	0.3
V2	37.1	V5	18.5	V8	3.6
V3	15.4	V6	10.5	V9	8.5
Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V10	13.7	V13	5.2	V16	0.3
V11	28.6	V14	13.7	V17	5.6
V12	32.7	V15	14.6	V18	10.2

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
12.57	0.30	37.10	0.02	0.01

Del V1 al V9

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
13.84	0.30	32.70	0.02	0.01

Del V10 al V18

*Elaboración Propia*

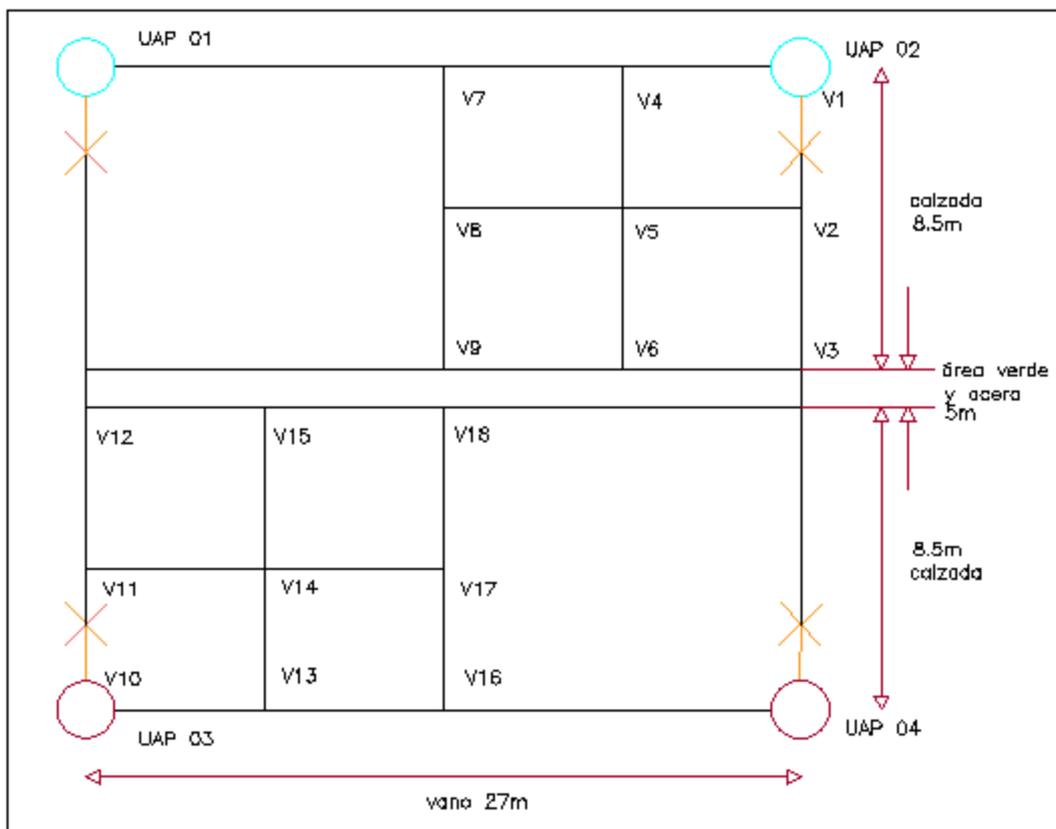
**Medición 14: Av. El Sol**

**Luminaria Marca Celsa, Philips y Astro Jوسفel**

**Tabla N° 3.26: Datos Av. El Sol con luminaria Celsa, Philips y Astro Jوسفel**

UAP 01		UAP 02	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m
UAP 03		UAP 04	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Astro Jوسفel	Marca de la Luminaria	Philips
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	37	V4	26.6	V7	14.2
V2	81.8	V5	40	V8	19.5
V3	52.2	V6	28	V9	27
Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V10	45.1	V13	27.5	V16	13.9
V11	125.5	V14	47.5	V17	23.5
V12	71.5	V15	31.1	V18	19.5

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
36.26	14.20	81.80	0.39	0.17

Del V1 al V9

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
45.01	13.90	125.50	0.31	0.11

Del V10 al V18

*Elaboración Propia*

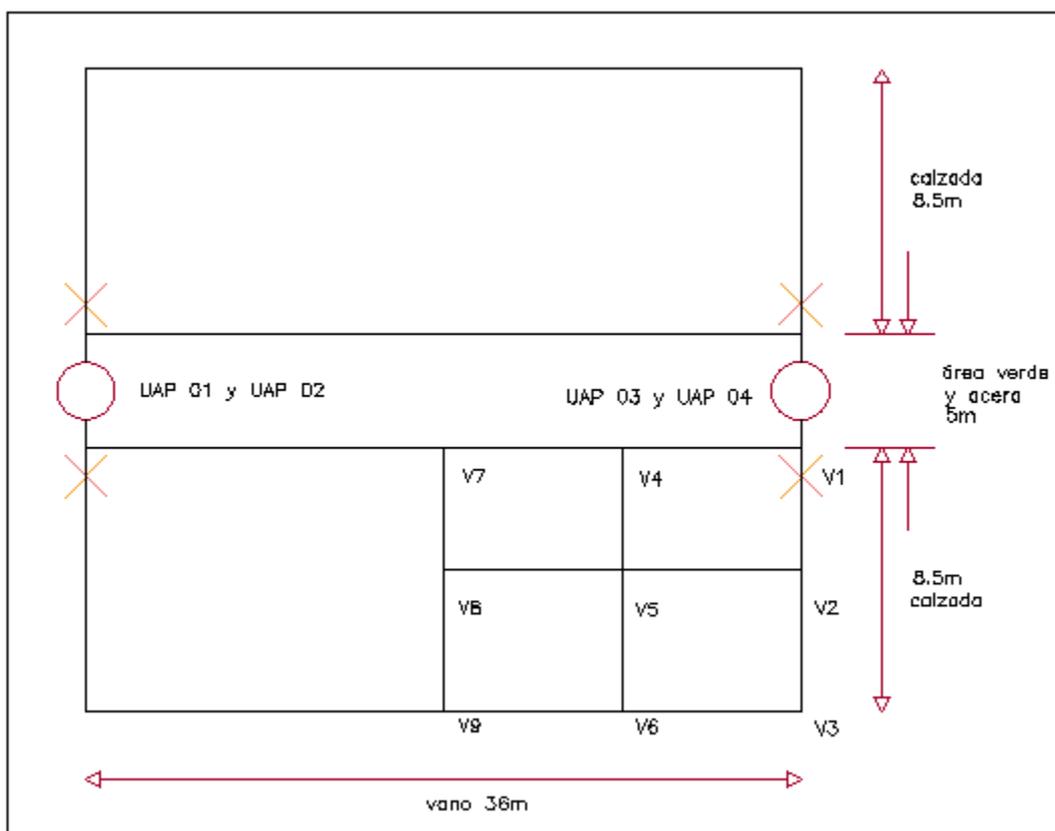
**Medición 15: Jr. Titicaca**

**Luminaria Marca Celsa**

**Tabla N° 3.27: Datos Jr. Titicaca con luminaria Celsa**

UAP 01 y UAP 02		UAP 03 y UAP 04	
Información	Detalle	Información	Detalle
Altura de montaje	8.1m	Altura de montaje	8.1m
Tipo de Pastoral	fierro	Tipo de Pastoral	fierro
Potencia de Luminaria	250W	Potencia de Luminaria	250W
Marca de la luminaria	Celsa	Marca de la Luminaria	Celsa
Tipo de calzada	oscura	Medida del pastoral	2.5m

*Elaboración Propia*



Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)	Punto	Iluminancia (lux)
V1	24.1	V4	3.5	V7	0.3
V2	33.1	V5	4.6	V8	0.3
V3	19.1	V6	0.5	V9	0.8

Emed	Emin	Emáx	Uo	Ul
9.59	0.30	33.10	0.03	0.01

*Elaboración Propia*

### **Resumen:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en las mediciones de las iluminancias de las diferentes vía seleccionadas, se determinó que cinco de las quince mediciones cumplen con los niveles de iluminación (Emed), según la tabla siguiente:

**Tabla N° 3.28: Resumen de uniformidad media de iluminancia e iluminancia  
media**

Medición	Descripción	Uo	Cumple/No Cumple	Emed	Cumple/No Cumple	Tipo de calzada	Tipo de Alumbrado
Medición 01	Valor real Calculado a)	0.33	Cumple	10.63	Cumple	oscura	IV
	Valor real Calculado b)	0.43	Cumple	39.90	Cumple	oscura	IV
	Valor nominal calculado	mayor o igual a 0.15		5 a 10		Jr. Independencia	
Medición 02	Valor real Calculado a)	0.33	Cumple	10.63	Cumple	oscura	III
	Valor real Calculado b)	0.43	Cumple	39.90	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		10 a 20		Jr. Lambayeque	
Medición 03	Valor real Calculado a)	0.17	No Cumple	5.84	Cumple	clara	III
	Valor real Calculado b)	0.43	Cumple	18.81	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 20		Jr. Arequipa	
Medición 04	Valor real Calculado a)	0.54	Cumple	11.20	Cumple	clara	III
	Valor real Calculado b)	0.14	No Cumple	8.41	No Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 20		Jr. Moquegua	
Medición 05	Valor real Calculado	0.18	Cumple	2.83	No Cumple	oscura	IV
	Valor nominal calculado	mayor o igual a 0.15		5 a 10		Jr. Tarapacá	
Medición 06	Valor real Calculado	0.23	No Cumple	17.40	Cumple	clara	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 10		Jr. Deza	

Continúa...

Medición 07	Valor real Calculado	0.25	Cumple	30.99	Cumple	clara	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 10		Jr. Pardo	
Medición 08	Valor real Calculado	0.18	Cumple	18.21	Cumple	oscura	IV
	Valor nominal calculado	mayor o igual a 0.15		5 a 10		Jr. El Puerto	
Medición 09	Valor real Calculado	0.04	No Cumple	4.59	Cumple	clara	IV
	Valor nominal calculado	mayor o igual a 0.15		2 a 5		Jr. Andahuaylas	
Medición 10	Valor real Calculado a)	0.24	No Cumple	10.08	Cumple	oscura	III
	Valor real Calculado b)	0.17	No Cumple	21.19	Cumple	oscura	III
		0.35	Cumple	26.79	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		10 a 20		Av. La Torre	
Medición 11	Valor real Calculado	0.06	No Cumple	3.33	No Cumple	clara	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 10		Jr. Carabaya	
Medición 12	Valor real Calculado a)	0.07	No Cumple	14.48	Cumple	clara	III
	Valor real Calculado b)	0.07	No Cumple	18.81	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		5 a 20		Jr. Lampa	
Medición 13	Valor real Calculado	0.02	No Cumple	12.57	Cumple	oscura	III
		0.02	No Cumple	13.84	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		10 a 20		Av. Floral	
Medición 14	Valor real Calculado	0.39	Cumple	36.26	Cumple	oscura	III
		0.31	Cumple	45.01	Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		10 a 20		Av. El Sol	
Medición 15	Valor real Calculado	0.03	No Cumple	9.59	No Cumple	oscura	III
	Valor nominal calculado	0.25 a 0.35		10 a 20		Jr. Titicaca	

*Elaboración Propia*

De la tabla anterior se determina que de 24 vanos medidos 12 de ellos cumplen con la uniformidad media de iluminancia, por otro lado 20 de ellos cumplen con la iluminancia media de acuerdo a la normativa vigente.

#### 3.6.4. Cálculo de la máxima demanda con VSAP

La máxima demanda fruto del servicio del alumbrado público utilizando luminarias convencionales viene dado mediante la siguiente tabla:

**Tabla N° 3.29: Cuadro de cargas con luminarias convencionales**

CUADRO DE CARGAS				
TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA IDEAL (W)	POTENCIA MÁS PÉRDIDAS (W)	N° DE LÁMPARAS	POTENCIA PARCIAL (kW)
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN	70	90	287	25.83
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN	150	175	347	60.725
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN	250	280	178	49.84
<b>TOTAL</b>			<b>812</b>	<b>136.395</b>

*Elaboración Propia*

La máxima demanda obtenida del total de las unidades de alumbrado público del área que forma parte de nuestro estudio es de 136.4 kW.

### 3.7. Alumbrado público con luminarias led

Como se señaló anteriormente las luminarias con tecnología led a implementarse serán de las siguientes potencias: 55W, 94W y 140W de la marca Celsa.

#### 3.7.1. Simulación de alumbrado público con luminarias led

Para este procedimiento de simulación utilizaremos el software DIALux 4.13, asimismo utilizaremos los archivos fotométricos de las luminarias dadas y los datos recogidos de campo necesarios para la simulación más semejante posible.

Habiendo hecho la simulación se obtiene el resumen de los resultados:

Las simulaciones se muestran en los anexos.

**Tabla N° 3.30: Resumen de resultados de la simulación**

Luminarias Led						
Ítem	Dirección	Vano (m)	Ancho de vía (m)	Luminaria led (W)	Luminancia media Lm (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)
1	Jr. Independencia	28	7	55	0.92	14
		34	7	55	0.76	11
2	Jr. Lambayeque	26	7	55	0.99	14
		28	7	55	0.92	13
3	Jr. Arequipa	27	5	55	1.05	14
		27	7	55	0.96	14
4	Jr. Moquegua	21	7	55	1.23	18
		27	7	55	0.96	14
5	Jr. Tarapacá	24	5	55	1.23	16
6	Jr. Deza	28	8	94	1.3	19
7	Jr. Pardo	36	9	140	1.59	25
8	Jr. El Puerto	34	13	94	1.69	26
9	Jr. Andahuaylas	30	9	55	0.75	11
10	Av. La Torre	28	15	140	1.49	25
		34	15	94	1.62	25
11	Jr. Carabaya	28	14	94	0.99	16
12	Jr. Lampa	36	10	140	1.51	24
		30	12	140	1.64	27
13	Av. Floral	28	13	94	1.61	23
14	Av. El Sol	27	17	94	1.51	22
15	Jr. Titicaca	36	17	94	1.03	15

*Elaboración Propia*

**3.7.2. Cálculo de la máxima demanda con led**

La máxima demanda del área de estudio considerando las pérdidas se plasma como sigue:

**Tabla N° 3.31: Cuadro de cargas con luminarias led**

CUADRO DE CARGAS CON LED				
TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA IDEAL (W)	POTENCIA MÁS PÉRDIDAS (W)	N° DE LÁMPARAS	POTENCIA PARCIAL (kW)
LED	55	55	382	21.01
LED	94	94	390	36.66
LED	140	140	40	5.6
TOTAL			<b>812</b>	<b>63.27</b>

*Elaboración Propia*

La nueva máxima demanda calculada teniendo las pérdidas en las luminarias con tecnología led es 63.3 kW.

### 3.8. Consumo eléctrico y costo de energía

#### 3.8.1. Consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias convencionales

Para calcular el consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias convencionales se utilizó las potencias nominales y el pliego tarifario para clientes finales - Electro Puno S.A.A. Para calcular la energía consumida se consideró el periodo de un año desde diciembre 2018 a noviembre del 2019 asimismo se consideró doce horas de operación brindando el servicio de alumbrado público, ya que las luminarias en conjunto no tienen un medidor sino que pertenecen a varias subestaciones.

**Tabla N° 3.32: Consumo y costo de energía con luminarias convencionales**

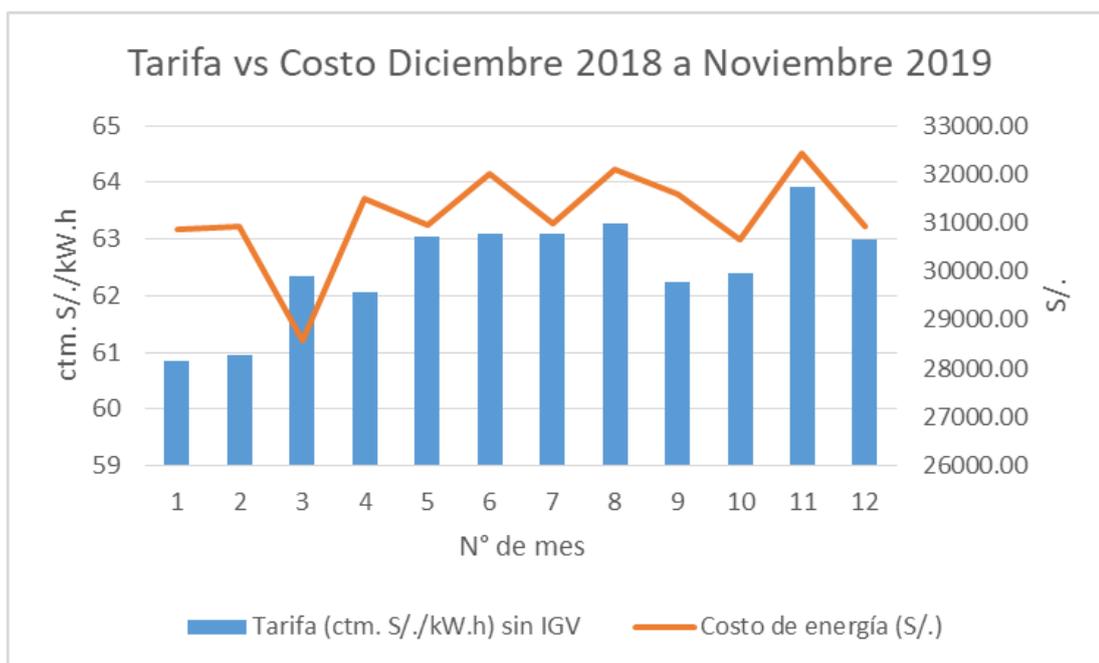
Vigencia (Puno)	Potencia (kW)	Energía mensual (kW.h)	Tarifa (ctm. S./kW.h) sin IGV	Costo de energía (S/.)
04 de Diciembre 2018	136.4	50740.8	60.84	30870.70
04 de Enero 2019	136.4	50740.8	60.95	30926.52
04 de Febrero 2019	136.4	45830.4	62.33	28566.09
04 de Marzo 2019	136.4	50740.8	62.06	31489.74
Abril 2019	136.4	49104	63.04	30955.16
01 de Mayo 2019	136.4	50740.8	63.08	32007.30
Junio 2019	136.4	49104	63.08	30974.80
04 de Julio 2019	136.4	50740.8	63.27	32103.70
04 de Agosto 2019	136.4	50740.8	62.24	31581.07
04 de Setiembre 2019	136.4	49104	62.40	30640.90
04 de Octubre 2019	136.4	50740.8	63.91	32428.45
04 de Noviembre 2019	136.4	49104	63.00	30935.52
<b>TOTAL</b>		<b>597432</b>		<b>373479.95</b>

*Elaboración Propia*

De la tabla anterior se obtiene que desde el mes de Diciembre del 2018 al mes de Noviembre del 2019 de tiene un consumo de energía total de 597 432.00 kW.h. Este consumo es valorizado en S/. 373 479.95.

Además que el costo del kW.h a lo largo de este periodo tuvo subidas y bajadas, esto por consecuencia hace que el costo mensual varíe como se espera también en los próximos años.

**Figura N° 3.7: Tarifa vs Costo con luminarias convencionales**



*Elaboración Propia*

**3.8.2. Consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias led**

Para calcular el consumo eléctrico y costo de la energía con luminarias led se utilizó las potencias nominales y el pliego tarifario para clientes finales - Electro Puno S.A.A. Para calcular la energía consumida se consideró el periodo de un año desde diciembre 2018 a noviembre del 2019 asimismo se consideró doce horas de operación brindando el servicio de alumbrado público.

Tabla N° 3.33: Consumo y costo de energía con luminarias led

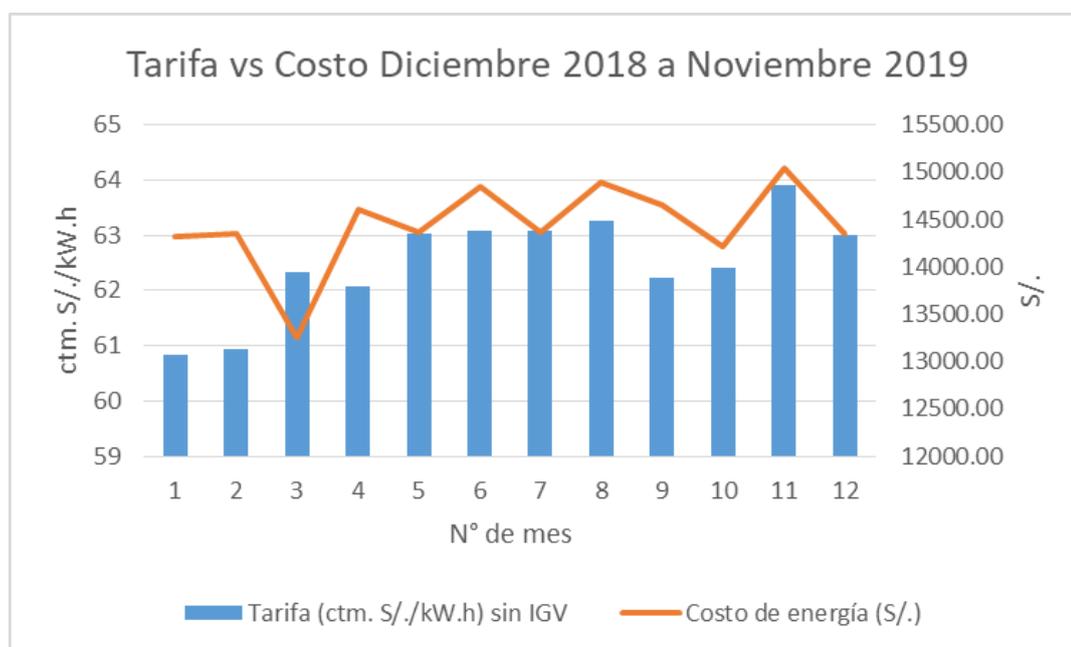
Vigencia (Puno)	Potencia (kW)	Energía mensual (kW.h)	Tarifa (ctm. S./kW.h) sin IGV	Costo de energía (S/.)
04 de Diciembre 2018	63.27	23536.44	60.84	14319.57
04 de Enero 2019	63.27	23536.44	60.95	14345.46
04 de Febrero 2019	63.27	21258.72	62.33	13250.56
04 de Marzo 2019	63.27	23536.44	62.06	14606.71
Abril 2019	63.27	22777.20	63.04	14358.75
01 de Mayo 2019	63.27	23536.44	63.08	14846.79
Junio 2019	63.27	22777.20	63.08	14367.86
04 de Julio 2019	63.27	23536.44	63.27	14891.51
04 de Agosto 2019	63.27	23536.44	62.24	14649.08
04 de Setiembre 2019	63.27	22777.20	62.40	14212.97
04 de Octubre 2019	63.27	23536.44	63.91	15042.14
04 de Noviembre 2019	63.27	22777.20	63.00	14349.64
<b>TOTAL</b>		<b>277122.6</b>		<b>173241.03</b>

*Elaboración Propia*

De la tabla anterior se obtiene que desde el mes de Diciembre del 2018 al mes de Noviembre del 2019 implementando luminarias led se tiene un consumo de energía total de 277 122.60 kW.h. Este consumo es valorizado en S/. 173 241.03.

Tomando en cuenta el periodo de análisis tendríamos una referencia de la relación que existe la tarifa mensual y el costo que generaría usando luminarias led. Se toma en cuenta este periodo ya que no se tiene todavía el pliego tarifario de los próximos meses.

**Figura N° 3.8: Tarifa vs Costo con luminarias led**



*Elaboración Propia*

### 3.9. Costo de materiales de alumbrado público

El análisis técnico – económico se realizará en base a las luminarias convencionales conformadas por luminaria y su respectiva lámpara por separado; asimismo en base a las luminarias led con lámpara juntas. Los ítem son recogidos de la base de datos SAP manejada por la empresa Electro Puno S.A.A., los mismos que poseen su respectivo código de material.

## ➤ Luminarias Convencionales

**Tabla N° 3.34: Costo de luminarias convencionales**

Código	Cantidad	Descripción	Precio unitario (S/.)	Precio conjunto por potencia (S/.)	Precio Total por cantidad (S/.)
302107	287	LUMINARIA P/VSAP 70W E27	103.00	114.25	32,789.06
304680	287	LÁMPARA VSAP TUBULAR 70W E27	11.25		
301955	347	LÁMPARA VSAP TUBULAR 150W E40	19.81	269.95	93,672.16
302100	347	LUMINARIA P/VSAP 150W E40	250.14		
304678	178	LÁMPARA VSAP TUBULAR 250W E40	19.81	405.63	72,201.25
307702	178	LUMINARIA P/VSAP 250W E40	385.81		
Total	812	Precio total	789.82	789.82	198,662.48

Elaboración Propia

El precio de los 812 puntos de alumbrado público con luminarias convencionales con lámpara de vapor de sodio de alta presión cuyas potencias va desde 70W hasta 250W es S/. 198,662.48.

## ➤ Luminarias led

**Tabla N° 3.35: Costo de luminarias led**

Código	Cantidad	Descripción	Precio unitario (S/.)	Precio conjunto por potencia (S/.)	Precio Total por cantidad (S/.)
303842	382	LUMINARIA LED 55W	248.22	248.22	94,821.87
318111	390	LUMINARIA P/ALUMBRAD PUBLIC LED 94W	324.02	324.02	126,366.32
318110	40	LUMINARIA P/ALUMBRAD PUBLIC LED 140W	523.78	523.78	20,951.14
Total	812	Precio total	1,096.02	1096.02	242,139.33

Elaboración Propia

El precio de los 812 puntos de alumbrado público con luminarias led cuyas potencias va desde 55W hasta 140W es S/. 242,139.33. Este monto representa el 121.88% con respecto al precio del total de las luminarias convencionales.

**3.10. Operación y mantenimiento de luminarias convencionales**

Para determinar el costo de operación y mantenimiento en coordinación con el área de operaciones y mantenimiento del Servicio Eléctrico Puno de la empresa Electro Puno S.A.A. se tomó como base los valores que maneja el área de Operaciones y las partidas con los valores referenciales ofrecidos en la convocatoria para contratistas para

el mantenimiento de alumbrado público en la ciudad de Puno. De tal manera se proyecta el costo de operación y mantenimiento mensual y anual para luminarias convencionales y led.

Éstas partidas no consideran el transporte; sin embargo serán considerados en la proyección del costo total. Asimismo considerando luminarias led se proyecta los costos respectivos.

**Tabla N° 3.36: Partidas para el mantenimiento de alumbrado público**

Código	Mantenimiento de alumbrado público	Precio Unitario (S./.)
AP-01	Instalación de Unidad de Alumbrado	59.72
AP-02	<b>Cambio de Lámpara</b>	27.01
AP-03	Retiro de Unidad de Alumbrado	30.72
AP-04	Cambio de Equipo Auxiliar	47.85
AP-05	<b>Cambio de Luminaria</b>	40.64
AP-06	<b>Cambio de Reloj o fotocélula</b>	44.34
AP-07	<b>Cambio de Contactor</b>	46.88
AP-08	Limpieza de Difusor	20.83
AP-09	<b>Reconexión de Unidad de Alumbrado</b>	30.76
AP-10	Inspección y Detección de Puntos Apagados	3.4
AP-11	Limpieza de fotocélula	30.24
AP-12	Fijación de Pastoral por Desprenderse	40.73
AP-13	Cambio de Acometida de AP	46.46
AP-14	Cambio de Socket o Portalámpara	69.52

*Elaboración Propia*

Los materiales de almacén usados para la operación y mantenimiento del alumbrado público en la ciudad de Puno.

**Tabla N° 3.37: Materiales para operación y mantenimiento de AP**

MATERIALES DE AP PROC. 094		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO (S./.)
302107	LUMINARIA P/VSAP 70W E27	103.00
301955	LÁMPARA VSAP TUBULAR 150W E40	19.81
304680	LÁMPARA VSAP TUBULAR 70W E27	11.25
307160	FOTOCÉLULA	39.52
306749	CONTACTOR ELECTROMAGNETICO 3X95A 220V	225.10
310316	PASTORAL TUBO F°G° 38.1MM DIAM. X 1.5M	33.54
301169	CORDON NLT 2X2.5 MM2 (METRO)	2.45
310323	RELE MIN/MAX 1F 220V FASE ASIM. ANG.	176.79
305673	ABRAZ. P/PAST. 3/16"X1.1/2"X140MM C/P+T	10.01
306461	CINTA AISLANTE VINIL BLANCA 19MM X20M	14.84
306660	CONECTOR DOBLE VIA AL-AL 120/120MM2 2PER	4.30

*Elaboración Propia*

Por otro lado tenemos los valores de las unidades de alumbrado público por alimentador del servicio eléctrico Puno.

**Tabla N° 3.38: Infraestructura Servicio Eléctrico Puno**

SET	Alimentador MT	Unidades de alumbrado público
Puno	101	3,106
	102	795
	103	1,040
	104	734
	105	4,880
	106	1,186
Totorani	201	1,825
	202	1,217
<b>Total</b>		<b>14,783</b>
<b>Muestra</b>		<b>812</b>
<b>Muestra respecto al total</b>		<b>5.49%</b>

*Elaboración Propia*

### 3.11. Flujo de caja neto

Para hallar en Valor Actual Neto (VAR), la Tasa Interna de Retorno (TIR) primeramente formularemos la tabla de vida útil promedio de ambas tecnologías y el flujo de caja neto.

**Tabla N° 3.39: Vida útil promedio de ambas tecnologías**

Tipo de luminaria	Potencia (W)	Vida útil promedio (horas)	Vida útil promedio (días)	Vida útil promedio (años)
Convencional	70	28000	2333	6
	150 y 250	32000	2667	7
Led	55 y 94	100000	8333	23
	140	50000	4167	11

*Elaboración Propia*

- Flujo de caja con luminarias convencionales

Se toma como valor de la inversión S/. 198,662.48, el costo de energía anual es S/. 373,479.95 y el costo de operación y mantenimiento anual S/. 20,110.13; asimismo tomaremos el valor menor de la vida útil promedio para el cambio de lámparas VSAP.

Tabla N° 3.40: Flujo de caja neto con luminarias convencionales

Año	Inversión (S/.)	Costo de energía anual (S/.)	Costo de operación y mantenimiento anual (S/.)	Flujo de caja neto
0	198,662.48			198,662.48
1		373,479.95	20,110.13	393,590.08
2		373,479.95	20,110.13	393,590.08
3		373,479.95	20,110.13	393,590.08
4		373,479.95	20,110.13	393,590.08
5		373,479.95	20,110.13	393,590.08
6	13,628.83	373,479.95	20,110.13	407,218.91
7		373,479.95	20,110.13	393,590.08
8		373,479.95	20,110.13	393,590.08
9		373,479.95	20,110.13	393,590.08
10		373,479.95	20,110.13	393,590.08
11		373,479.95	20,110.13	393,590.08
12	198,662.48	373,479.95	20,110.13	592,252.56
13		373,479.95	20,110.13	393,590.08
14		373,479.95	20,110.13	393,590.08
15		373,479.95	20,110.13	393,590.08
16		373,479.95	20,110.13	393,590.08
17		373,479.95	20,110.13	393,590.08
18	13,628.83	373,479.95	20,110.13	407,218.91
19		373,479.95	20,110.13	393,590.08
20		373,479.95	20,110.13	393,590.08
21		373,479.95	20,110.13	393,590.08
22		373,479.95	20,110.13	393,590.08
23		373,479.95	20,110.13	393,590.08

*Elaboración Propia*

- Flujo de caja con luminarias led

Se toma como valor de la inversión S/. 242,139.33, el costo de energía anual es S/. 173,241.03y el costo de operación y mantenimiento anual S/. 13,743.30; asimismo tomaremos el valor menor de la vida útil promedio para el cambio de las luminarias led.

**Tabla N° 3.41: Flujo de caja neto con luminarias led**

Año	Inversión (S/.)	Costo de energía anual (S/.)	Costo de operación y mantenimiento anual (S/.)	Flujo de caja neto
0	242,139.33			242,139.33
1		173,241.03	13,743.30	186,984.33
2		173,241.03	13,743.30	186,984.33
3		173,241.03	13,743.30	186,984.33
4		173,241.03	13,743.30	186,984.33
5		173,241.03	13,743.30	186,984.33
6		173,241.03	13,743.30	186,984.33
7		173,241.03	13,743.30	186,984.33
8		173,241.03	13,743.30	186,984.33
9		173,241.03	13,743.30	186,984.33
10		173,241.03	13,743.30	186,984.33
11	20,951.14	173,241.03	13,743.30	207,935.47
12		173,241.03	13,743.30	186,984.33
13		173,241.03	13,743.30	186,984.33
14		173,241.03	13,743.30	186,984.33
15		173,241.03	13,743.30	186,984.33
16		173,241.03	13,743.30	186,984.33
17		173,241.03	13,743.30	186,984.33
18		173,241.03	13,743.30	186,984.33
19		173,241.03	13,743.30	186,984.33
20		173,241.03	13,743.30	186,984.33
21		173,241.03	13,743.30	186,984.33
22		173,241.03	13,743.30	186,984.33
23		173,241.03	13,743.30	186,984.33

*Elaboración Propia*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de calidad de alumbrado público

##### 4.1.1. Luminancia media

Los valores de luminancia media obtenidos en la simulación y en cumplimiento con la norma técnica de acuerdo a los tipos de alumbrado público tenemos que para el tipo III es de 0.5 a 1.0, por otro lado para el tipo IV no hay valores dados en la norma.

**Tabla N° 4.1: Luminancia media con luminarias led**

Luminarias Led					
Ítem	Dirección	Vano (m)	Ancho de vía (m)	Luminaria led (W)	Luminancia media Lm (cd/m <sup>2</sup> )
1	Jr. Independencia	28	7	55	0.92
		34	7	55	0.76
2	Jr. Lambayeque	26	7	55	0.99
		28	7	55	0.92
3	Jr. Arequipa	27	5	55	1.05
		27	7	55	0.96
4	Jr. Moquegua	21	7	55	1.23
		27	7	55	0.96
5	Jr. Tarapacá	24	5	55	1.23
6	Jr. Deza	28	8	94	1.3
7	Jr. Pardo	36	9	140	1.59
8	Jr. El Puerto	34	13	94	1.69
9	Jr. Andahuaylas	30	9	55	0.75
10	Av. La Torre	28	15	140	1.49
		34	15	94	1.62

Continúa...

11	Jr. Carabaya	28	14	94	0.99
12	Jr. Lampa	36	10	140	1.51
		30	12	140	1.64
13	Av. Floral	28	13	94	1.61
14	Av. El Sol	27	17	94	1.51
15	Jr. Titicaca	36	17	94	1.03

*Elaboración Propia*

En la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, no señala valores de luminancia media a cumplir para los tipos de alumbrado III y IV; sin embargo lo tenemos para referencia.

## 4.1.2. Iluminancia media

Tabla N° 4.2: Iluminancia media con las dos tecnologías

Ítem	Dirección	Vano (m)	Ancho de vía (m)	Iluminancia media luminarias led (lux)	Iluminancia media luminaria VSAP (lux)
1	Jr. Independencia	28	7	14	10.63
		34	7	11	39.90
2	Jr. Lambayeque	26	7	14	10.63
		28	7	13	39.90
3	Jr. Arequipa	27	5	14	5.84
		27	7	14	18.81
4	Jr. Moquegua	21	7	18	11.20
		27	7	14	8.41
5	Jr. Tarapacá	24	5	16	2.83
6	Jr. Deza	28	8	19	17.40
7	Jr. Pardo	36	9	25	30.99
8	Jr. El Puerto	34	13	26	18.21
9	Jr. Andahuaylas	30	9	11	4.59
10	Av. La Torre	28	15	25	10.08
		34	15	25	21.19
11	Jr. Carabaya	28	14	16	3.33
12	Jr. Lampa	36	10	24	14.48
		30	12	27	18.81
13	Av. Floral	28	13	23	12.57
14	Av. El Sol	27	17	22	36.26
15	Jr. Titicaca	36	17	15	9.59

*Elaboración Propia*

De la tabla anterior podemos interpretar que la iluminancia media con luminarias led de 55W, 94W y 140W ofrece un cumplimiento en su totalidad con respecto a la norma.

La norma indica que dependiendo del tipo de calzada clara u oscura señala que la iluminancia media para los tipos de alumbrado III y IV son:

Para tipo de alumbrado III calzada clara y oscura corresponde iluminancia media 5-10 y 10-20 respectivamente.

Para tipo de alumbrado IV calzada clara y oscura corresponde iluminancia media 2-5 y 5-10 respectivamente.

Inicialmente la iluminancia media con las luminarias convencionales de las 15 mediciones realizadas tenemos que 4 vanos no cumplen con la norma.

En la inspección en campo se encontró que las luminarias cuentan con difusores de material plástico, otros de material de vidrio y otros sin difusor. Debemos resaltar que los valores de la iluminancia (lux) medidos son menores a medida que el difusor presente un grado de contaminación, asimismo dependerá del estado del mismo.

Por otro lado los valores de iluminancia media con la implementación de luminarias led cumplen con lo requerido. A pesar que la simulación fue realizada con un factor de mantenimiento de 0.7 nos da una idea de lo que sería en campo, entendemos que estos valores aún al ser superiores a los mínimos requeridos por norma, compensarían los valores de la operación real.

Debemos indicar también que los vanos seleccionados para la medición fueron los más críticos, de igual manera las potencias de las luminarias, por lo que analizando los demás vanos obtenemos mejores resultados.

Finalmente la iluminancia media a obtenerse en campo con las luminarias led serían las óptimas determinando así que se obtendría una mejora en la calidad del servicio de alumbrado público.

## 4.1.3. Uniformidad media

Tabla N° 4.3: Uniformidad media con las dos tecnologías

Ítem	Dirección	Vano (m)	Ancho de vía (m)	Uniformidad media (luminaria led)	Tipo de Alumbrado	Uniformidad media (luminaria VSAP)
1	Jr. Independencia	28	7	0.535	IV	0.33
		34	7	0.423	IV	0.43
2	Jr. Lambayeque	26	7	0.642	III	0.33
		28	7	0.61	III	0.43
3	Jr. Arequipa	27	5	0.617	III	0.17
		27	7	0.628	III	0.43
4	Jr. Moquegua	21	7	0.718	III	0.54
		27	7	0.628	III	0.14
5	Jr. Tarapacá	24	5	0.706	III	0.18
6	Jr. Deza	28	8	0.634	III	0.23
7	Jr. Pardo	36	9	0.323	III	0.25
8	Jr. El Puerto	34	13	0.473	IV	0.18
9	Jr. Andahuaylas	30	9	0.496	IV	0.04
10	Av. La Torre	28	15	0.255	III	0.24
		34	15	0.436	III	0.17
11	Jr. Carabaya	28	14	0.364	III	0.06
12	Jr. Lampa	36	10	0.43	III	0.07
		30	12	0.521	III	0.07
13	Av. Floral	28	13	0.579	III	0.02
14	Av. El Sol	27	17	0.527	III	0.31
15	Jr. Titicaca	36	17	0.414	III	0.03

*Elaboración Propia*

De la tabla anterior se observa que la uniformidad media con las luminarias convencionales 11 y 10 datos no cumplen y cumplen respectivamente con la norma; sin embargo con las luminarias led se obtiene una mejora y cumplimiento en su totalidad.

#### 4.1.4. Eficacia luminosa

Se determina el Eficacia luminosa para ambas tecnologías:

**Tabla N° 4.4: Eficacia luminosa con ambas tecnologías**

<b>LUMINARIAS CONVENCIONALES</b>		
<b>POTENCIA (W) VSAP</b>	<b>FLUJO LUMINOSO (lm)</b>	<b>EFICACIA LUMINOSA (lm/W)</b>
70	6600	94
150	16500	110
250	32000	128
<b>LUMINARIAS LED</b>		
<b>POTENCIA (W) LED</b>	<b>FLUJO LUMINOSO (lm)</b>	<b>EFICACIA LUMINOSA (lm/W)</b>
54.95	6281	114.30
93.37	12116	129.76
139.60	19029	136.31

*Elaboración Propia*

Para determinar la eficacia luminosa (lm/W) con luminarias convencionales se tomó la potencia nominal (W) y el flujo luminoso (lm) de las lámparas de vapor de sodio de alta presión SON-T PLUS de 70W con vida útil promedio de 28000 horas, 150W con vida útil promedio de 32000 horas y 250W con vida útil promedio de 32000 horas. Todas ellas de la marca Philips.

Para determinar la eficacia luminosa con luminarias led se tomó la potencia y el flujo luminoso dados en pruebas de laboratorio. Teniendo como potencias nominales 55W, 94W y 140W. Todas ellas de la marca Celsa.

De la tabla comparativa podemos señalar entre las tres luminarias convencionales de 70W, 150W, 250W y las luminarias led de 55W, 94W, 140W a pesar de existir una diferencia de potencia de 28.57%, 37.3% y 44% respectivamente con respecto a las

luminarias convencionales se determina que la eficacia luminosa tiene una mejora del 21.30%, 17.96% y 6.49%.

#### 4.2. Análisis de consumo y costo mensual de energía con la implementación de luminarias led

Tabla N° 4.5: Ahorro de consumo y costo

Vigencia (Puno)	Ahorro en consumo (kW.h)	Ahorro en costo (S/.)
04 de Diciembre 2018	27204.36	16551.13
04 de Enero 2019	27204.36	16581.06
04 de Febrero 2019	24571.68	15315.53
04 de Marzo 2019	27204.36	16883.03
Abril 2019	26326.80	16596.41
01 de Mayo 2019	27204.36	17160.51
Junio 2019	26326.80	16606.95
04 de Julio 2019	27204.36	17212.20
04 de Agosto 2019	27204.36	16931.99
04 de Setiembre 2019	26326.80	16427.92
04 de Octubre 2019	27204.36	17386.31
04 de Noviembre 2019	26326.80	16585.88
<b>TOTAL</b>	<b>320309.40</b>	<b>200238.92</b>

*Elaboración Propia*

El ahorro en consumo con la implementación de luminarias led es 320 309.40 kW.h, el mismo que representa el 53.61% de la energía consumida por el total de luminarias convencionales en un año.

El ahorro en costo como consecuencia de la disminución de consumo con la implementación de luminarias led expresado económicamente es S/. 200 238.92, esta cifra de igual manera que el consumo representa el 53.61% del costo de energía consumida con luminarias convencionales.

#### 4.3. Análisis de costo de operación y mantenimiento

**Tabla N° 4.6: Costo de operación y mantenimiento con ambas tecnologías**

Tipo de luminaria	Costo de mantenimiento Mensual (S/.)	Costo de mantenimiento anual (S/.)
Convencional	1675.84	20110.13
Led	1145.27	13743.30
Ahorro	530.57	6366.84

*Elaboración Propia*

El costo de mantenimiento mensual hallado con luminarias convencionales es S/. 1,675.84 y el costo de mantenimiento anual de S/. 20,110.13

Por otro lado el nuevo costo de mantenimiento mensual con luminarias led es S/. 1,145.27 y un costo de mantenimiento anual de S/. 13,743.30.

Comparando esta dos tecnologías que son aplicadas para el servicio de alumbrado público se tiene un ahorro mensual en el costo de mantenimiento de S/. 530.57 y un ahorro anual de S/. 6,366.84 el cual representa el 31.65% del costo total anual con luminarias convencionales.

#### 4.4. Análisis de ingeniería económica

Determinando el flujo de caja neto incremental utilizando los flujo de caja neto de ambas tecnologías, además se va utilizar la tasa de interés del 12% el cual es dado para proyectos de ingeniería, en este caso el proyecto de implementación de luminarias con tecnología led en la ciudad de Puno.

**Tabla N° 4.7: Flujo de caja neto incremental con ambas tecnologías**

Año	Flujo de caja neto VSAP (S/.)	Flujo de caja neto led (S/.)	Flujo de caja neto incremental (S/.)
0	198,662.48	242,139.33	-43,476.85
1	393,590.08	186,984.33	206,605.75
2	393,590.08	186,984.33	206,605.75
3	393,590.08	186,984.33	206,605.75
4	393,590.08	186,984.33	206,605.75
5	393,590.08	186,984.33	206,605.75
6	407,218.91	186,984.33	220,234.58
7	393,590.08	186,984.33	206,605.75
8	393,590.08	186,984.33	206,605.75
9	393,590.08	186,984.33	206,605.75
10	393,590.08	186,984.33	206,605.75
11	393,590.08	207,935.47	185,654.61
12	592,252.56	186,984.33	405,268.23
13	393,590.08	186,984.33	206,605.75
14	393,590.08	186,984.33	206,605.75
15	393,590.08	186,984.33	206,605.75
16	393,590.08	186,984.33	206,605.75
17	393,590.08	186,984.33	206,605.75
18	407,218.91	186,984.33	220,234.58
19	393,590.08	186,984.33	206,605.75
20	393,590.08	186,984.33	206,605.75
21	393,590.08	186,984.33	206,605.75
22	393,590.08	186,984.33	206,605.75
23	393,590.08	186,984.33	206,605.75

*Elaboración Propia*

Se obtiene los siguientes valores:

- a) VAN: Se obtiene un VAN de S/1,604,841.77, el cual indica que el proyecto es viable porque  $VAN > 0$ .
- b) TIR: Con el VAN igual a cero, se obtiene una TIR de 475%, el cual nos indica que el proyecto es viable porque  $TIR > 12\%$ .

#### 4.5. Comparación de resultados

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron en base a las luminarias convencionales de potencias 70W, 150W y 250W, las mismas que utilizan lámparas de vapor de sodio de alta presión instalados en las vías públicas céntricas de la ciudad de Puno. Por otro lado se simuló el comportamiento de operación de luminarias led COB de 55W, 94W y luminaria led SMD de 140W de la marca Celsa, en cumplimiento de los parámetros de calidad, buscando determinar las potencias de las luminarias led más idóneas para cada calle de nuestra muestra.

De esta manera se determinó los costos de operación y mantenimiento, costos de energía consumida, el ahorro que podría representar y la mejora en la calidad del servicio de alumbrado público.

Así tenemos Lujan Montoya & Escobar Gil, (2017) en su tesis titulada: “Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con DIALux en el sistema de alumbrado público con tecnología LED para la ciudad de Chimbote”. Concluye que el reemplazo de luminarias convencionales de 150W y 250W son las luminarias led SMD de 108W y 215W respectivamente de la marca Philips para un tipo de vía Colectora 2 y tipo de alumbrado III. La implementación de estas luminarias sería sin modificar los soportes ni el pastoral.

Hurtado Rodrigo, (2017) en su tesis titulada: “Análisis técnico – económico para la optimización del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de noviembre aplicando luminarias con tecnología led”. Concluye que el reemplazo de luminarias convencionales de 250W son las luminarias led SMD de 112W modelo LU4 para un tipo de vía Colectora 1 y tipo de alumbrado II. La implementación de estas luminarias sería sin modificar los soportes ni el pastoral.

## CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Se simuló con el software DIALux 4.13 el comportamiento de las luminarias led y se comparó con datos obtenidos de campo del comportamiento de las luminarias convencionales, de esta manera se determinó que parte de las vías públicas inspeccionadas no cumplían la norma técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” los cuales podían ser subsanados con la implementación de las luminarias led.

**SEGUNDO:** Se analizaron el comportamiento del consumo de energía eléctrica con ambas tecnologías en donde se determinó que ahorraría 320 309.40 kW.h, el mismo que representa el 53.61% de la energía consumida por el total de luminarias convencionales en un año. Asimismo el ahorro en costo como consecuencia de la disminución de consumo con la implementación de luminarias led expresado económicamente es S/. 200 238.92, esta cifra de igual manera que el consumo representa el 53.61% del costo de energía consumida con luminarias convencionales.

**TERCERO:** El costo de mantenimiento mensual hallado con luminarias convencionales es S/. 1,675.84 y el costo de mantenimiento anual de S/. 20,110.13. Por otro lado el nuevo costo de mantenimiento mensual con luminarias led es S/. 1,145.27 y un costo de mantenimiento anual de S/. 13,743.30. Comparando esta dos tecnologías que son aplicadas para el servicio de alumbrado público se tiene un ahorro mensual en el costo de mantenimiento de S/. 530.57 y un ahorro anual de S/. 6,366.84 el cual representa el 31.65% del costo total anual con luminarias convencionales.

**CUARTO:** Se determinaron que el precio de los 812 puntos de alumbrado público con luminarias convencionales con lámpara de vapor de sodio de alta presión cuyas potencias va desde 70W hasta 250W es S/. 198,662.48. Por otro lado el precio de los 812 puntos de

alumbrado público con luminarias led cuyas potencias va desde 55W hasta 140W es S/. 242,139.33. Este monto representa el 121.88% con respecto al precio del total de las luminarias convencionales.

En el uso de las herramientas para la viabilidad de la inversión se obtuvo un VAN de S/.1,604,841.77, el cual indica que el proyecto es viable porque  $VAN > 0$  y una TIR de 475%, el cual nos indica que el proyecto es viable porque  $TIR > 12\%$ .

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Se recomienda planificar la etapa de instalación de led luminarias led en las vías públicas céntricas ya que por tener un tránsito elevado en determinadas horas del día y las vías al ser de ancho corto se genera una congestión y molestia de la ciudadanía.

**SEGUNDO:** Se recomienda también planificar y organizar la metodología de instalación sabiendo que las nuevas luminarias tienen vida útil promedio de 100 000 horas, las mismas que no deberían fallar por algún falso contacto en sus puntos de conexión a la red de baja tensión.

**TERCERO:** Se recomienda hacer y aplicar un plan de mantenimiento preventivo para los posteriores años de operación de las luminarias led.

**CUARTO:** Para futuros avances se recomienda ver la posibilidad de aplicar la telegestión, ya que las luminarias pueden ser adaptadas a esta.

## REFERENCIAS

- Avalos Marmanillo, M. A., & Vargas Valencia, W. J. (2012). *MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE CUSCO* (UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO). Retrieved from <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/873>
- Calderón Fernández, L. E. (2014). *Tecnología led en un punto de luz de alumbrado público para elevar la eficiencia en iluminación de vía local comercial* (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ). Retrieved from [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/205/PMEC\\_08.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/205/PMEC_08.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chocho Rivas, E. F., & Yunga Matute, W. J. (2014). “*Zonificación Para Control De La Polución Lumínica, Aplicada a Los Cantones Servidos Por La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. C.a.*” (UNIVERSIDAD DE CUENCA). Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20920>
- Damas Niño, M. N. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CONCESIÓN DE ENEL S.A.A.* (Vol. 2018). Retrieved from <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3632>
- Dávila Trigozo, M. (2018). *Sistema de iluminación LED que permita reducir el consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación de la zona céntrica de Morales, 2018* (UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO). Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta edic; M. G. Hill, Ed.). Retrieved from <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia->

de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf

- Hurtado Rodrigo, J. (2017). ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA AV. MÁRTIRES 4 DE NOVIEMBRE APLICANDO LUMINARIAS CON TECNOLOGÍA LED (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO). Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6589/Hurtado\\_Rodrigo\\_John.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6589/Hurtado_Rodrigo_John.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Labán Hajar, J. H. (2018). *ANÁLISIS, DISEÑO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE ILUMINACIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO CON NUEVAS TECNOLOGÍAS* (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ). Retrieved from [http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/972/1/Juan\\_Laban\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2018.pdf](http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/972/1/Juan_Laban_Tesis_Titulo_Profesional_2018.pdf)
- Lara López, E. M., Mondragón Cruz, J. A., & Santiago Bautista, D. (2009). *Estudio y análisis de ingeniería en alumbrado público con luminarios de led en la periferia del reclusorio norte* (INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL). Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/10718>
- Lozano Núñez, H. R. (2014). *LUMINARIAS CON LÁMPARAS AHORRADORAS Y EFICIENCIA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL VALLE DEL MANTARO* (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3189>
- Lujan Montoya, L. D., & Escobar Gil, O. (2017). *Análisis De Indicadores De Calidad Y Rendimiento De Iluminación Con Dialux En El Sistema De Alumbrado Público Con Tecnología Led Para La Ciudad De Chimbote* (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA). Retrieved from

- <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/uns/2649/42931.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- MEM. (2002a). *NORMA DGE - SIMBOLOS GRAFICOS EN ELECTRICIDAD*.  
Retrieved from <http://ayb.pe/wp-content/uploads/2017/08/Simbolos-Graficos-en-electricidad.pdf>
- MEM. (2002b). *Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.”* 22. Retrieved from  
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
- MEM. (2006). *CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Utilización*. Retrieved from  
<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rm037-2006.pdf>
- MEM. (2012). *CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO 2011*.  
Retrieved from <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>
- MEM. (2013). *LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS y REGLAMENTO. 76*.  
Retrieved from [http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zhz3t10ozqz-Ley\\_de\\_concesiones\\_2.pdf](http://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-zhz3t10ozqz-Ley_de_concesiones_2.pdf)
- Montenegro Peralta, A., & López Olivera, D. (2019). *ESTUDIO DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO DEL SECTOR SANTIAGO, PROVINCIA SAN IGNACIO - CAJAMARCA* (UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN). Retrieved from <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/95>
- Pérez Nuñez, D. E., & Villareal Quinto, L. E. (2016). *Implementación De Un Sistema*

- De Lámparas Led En El Alumbrado Público Controlado Mediante Un Software Primeread En El Distrito De Miraflores Para La Empresa Luz Del Sur* (UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE). Retrieved from [http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10517/T055\\_43600058\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10517/T055_43600058_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Segama Salvatierra, R. T. (2017). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA* (UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA). Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12244>
- Villatoro Hernández, D. A. (2012). *“Estudio De Eficiencia Energética En El Sistema De Alumbrado Público Del Poblado De Playa Grande Ixcán, Quiché Implementando Tecnologías De Ahorro Y Calidad De Iluminación”* (Universidad de San Carlos de Guatemala). Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0817\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0817_EA.pdf)
- Yucra Paricela, E. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE HPL (HIGH POWER LED) PARA MEJORAR LA VIDA ÚTIL DE ALUMBRADO PÚBLICO* (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO). Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4878/Ccallo\\_Puma\\_Roger\\_Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4878/Ccallo_Puma_Roger_Santiago.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Donell, B. M. (s.f.). Ggeocities.ws. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, recuperado de [www.geocities.ws/iirlits/luminotecnia](http://www.geocities.ws/iirlits/luminotecnia).
- IDAE, l. p. (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.

Madrid, España: IDAE.

LENK, R. (2011). Practical Lighting Desing with LEOs (First Edition ed.).

New Jersey, Estados Unidos: IEE Press Editorial Board.

LOMBILL GREEN. (2016). COMO MEDIR LA CALIDAD DE LAMPARA LED.

2017, de LOMBILL GREEN recuperado de

[http://lowbill.green/index.php/calidad\\_led](http://lowbill.green/index.php/calidad_led).

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2015). Guía sobre tecnología

LED en el alumbrado. España. Recuperado de

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-elalumbrado-fenercom-2015.pdf>

Blank L, Tarquin A. (1999). Ingeniera Económica (4 ed.). Mc Graw Hill. Bogotá,

Colombia. 615 pp.

Electro Puno S.A.A., Zona de concesión. 25 de noviembre de 2019. Disponible en

<http://www.electropuno.com.pe/web3/>

PHILIPS (2003). Curvas de expectativa de vida y depreciación de la iluminancia.

Comisión Internacional de Alumbrado. Publicación CIE N° 33 (1977). Depreciación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (06 de 10 de 2015). Obtenido de

<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/estados-y-municipiosalumbrado-publico>

Colombo, E., & ODonnell, B. (2006). Manual de iluminación eficiente. Argentina

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.

García Fernández, J., & Boix Aragonés, O. (2004). Alumbrado en vías públicas.

Obtenido de Recursos CITSEA Universidad Politécnica de Catalunya

<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/graficos.html#isocl>

INDALUX. (2002). Manual de Iluminación. En Manual de Iluminación.

Secretaria de comunicaciones y transporte. (2015). Manual de Iluminación Vial.

México DF: Dirección general de comunicación social.

LEDBOXBlog. (2016). Diferencias entre LED COB, LED SMD y MICROLED.

Obtenido de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-led-cob-led-smd-y-microled>.

SENAMHI. (2019). Promedio de temperatura normal para Puno. Obtenido de

<https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0030>

## **ANEXOS**

**ANEXO 01: Ficha técnica luminaria 94W**

Ficha técnica - Luminaria SEPIALED			
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LUMINARIA			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN		
1	Norma de fabricación	IEC 60598-1,-2,-3, IEC 60529, IEC 62262:2002, LM-79-08, ASTM D 3359- 17, ASTM B 117, 60598-2-3: 2002, IEC 62717:2014. ANSI C78.377, ANSI C136.41, IEC 61000-3-2:2014 y IEC 62471	
2	Fabricante	CELSA S.A.S. Colombia	
3	Referencia	SEPIALED 94W	
4	Potencia	94W	
5	Tensión nominal	120 - 277 Vac, según lo establecido en la Regla 020-500 del Código Nacional de Electricidad - Utilización, Acápite 5.1.2 de Tolerancias-NTCSE. Cumple ampliamente el rango de Tensión de alimentación 220VAC $\pm$ 7.5% (el rango de $\pm$ 7.5% es mínimo)	
6	Cuerpo de la luminaria	Aluminio inyectado a alta presión, fuerte, liviano y resistente a la polución.	
7	Acabado	Pintura poliésterica en polvo aplicado electrostáticamente y secado en horno para uso a la intemperie	
8	Resistencia al impacto	Cuerpo de la luminaria (Cubierta metálica)	IK09
		Conjunto óptico (Difusor)	IK08
9	Grado de protección (IP)	Conjunto óptico	IP66
		Conjunto eléctrico	IP66
10	Conjunto eléctrico	Driver de corriente	Electrónico, dimerizable (1-10 VDC, compatible con sistemas de telegestión de alumbrado público)
11	Protecciones eléctricas integradas en el Driver	Sobre Voltaje	Desconexión por exceder sus parámetros eléctricos, se reconecta automáticamente cuando el voltaje se normaliza.
		Corto circuito	Detección automática de corto circuito, se reconecta automáticamente cuando la falla es despejada
		Sobre Carga	Desconexión por exceder sus parámetros eléctricos, se reconecta automáticamente cuando la carga se normaliza.
		Sobre temperatura	Desconexión por exceder sus parámetros térmicos, se reconecta automáticamente cuando la temperatura se normaliza.
12	Factor de potencia de la luminaria	>0,9	
13	Distorsión armónica de corriente	$\leq$ 20%	
14	Frecuencia de operación	50 / 60 Hz, según lo establecido en la Regla 020-500 del Código Nacional de Electricidad - Utilización, Acápite 5.1.2 de tolerancias - NTCSE	
15	Módulo de Protección contra Picos de Sobretensión	10 kV / 5kA	
16	Montaje del conjunto eléctrico	Sobre bandeja fácilmente desmontable, sujeta a la carcasa por medio de tornillos que no requieren herramientas especiales.	

17	Base para Fotocontrol		Ubicada en la parte superior de la luminaria, según norma ANSI/NEMA C136.41 (7 Pines, sistema plug & play), preparada con un Shorting Cap garantizando el IP66 del conjunto óptico y eléctrico de la luminaria LED y habilitada para un futuro Sistema de Telegestión no invasivo (sin abrir la luminaria)
18	LED	Temperatura de Color	3995 K
		CRI	70,30%
		Eficacia	114,09 lm/W
		Flujo	10729 lm
		Fabricante	VOSSLOH SCHWABE - PANASONIC
		Referencia	DMS18
19	Vida útil del Sisema (LED + Driver)		≥100,000 horas L70 B10 @ 25 Ta Cumple con lo establecido en las Secciones 10.1 y 10.2 de la Norma UNE-EN 62722-2-1:2016 y LM 80, TM21
20	Difusor	Tipo	Lentes en el LED fabricados en polímero Silicona de alta transmitancia y resistencia al impacto.
21	Disipador de calor	Material	Aluminio inyectado, grosor (min): 2 mm
		Temperatura de operación	Se garantiza una temperatura de operación óptima de los LEDs a una temperatura ambiente entre -20°C y ±40°C Según lo establecido en la Sección 10.3.2.2.1 de la Norma IEC 62717:2014+AMD1 2015
22	Temperatura Ambiente Asignada Máxima (ta)		40 °C Temperatura más elevada a que puede funcionar la luminaria en condiciones Normales. Esto no descarta un funcionamiento momentáneo a una temperatura no superior a (ta + 10) °C. Cumple norma IEC 60598-1:2014.
23	Sistema de cierre		Tornillos en acero inoxidable
24	Apertura de la luminaria		Apertura inferior permitiendo un rápido y fácil acceso a los componentes eléctricos.
25	Sistema de fijación		Sistema de fijación horizontal por medio de abrazadera con dos tornillos de sujeción para montar en brazos desde 1.00" (33.4 mm de diámetro exterior) hasta 2.0" (60.30mm de diámetro exterior).
26	Alimentación eléctrica de la luminaria		Bornera de conexión tipo tornillo.
27	Alimnetación de la luminaria		Por medio una bornera de tres posiciones con conexión a tierra, conductores calibre 18 AWG, dispuesto de tal manera que los tres conductores queden fuera de la luminaria.
28	Marcación de la luminaria		Marca CELSA alto relieve en tapa conjunto eléctrico. Marcación en bajo relieve con el nombre de la empresa de distribución y el año de fabricación. Otras según indicaciones del cliente.

**ANEXO 02: Simulación Jr. Independencia**

Jr. Independencia

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA MICROLED 55W / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 43 78 97 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Jr. Independencia

**DIALux**

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

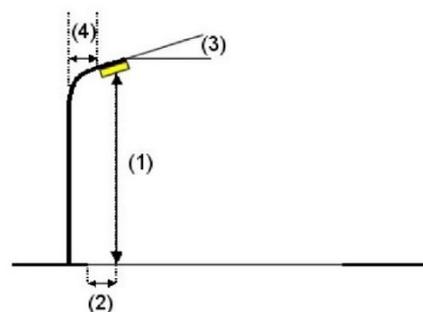
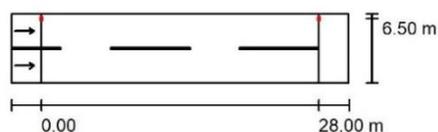
**Jr. Independencia / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

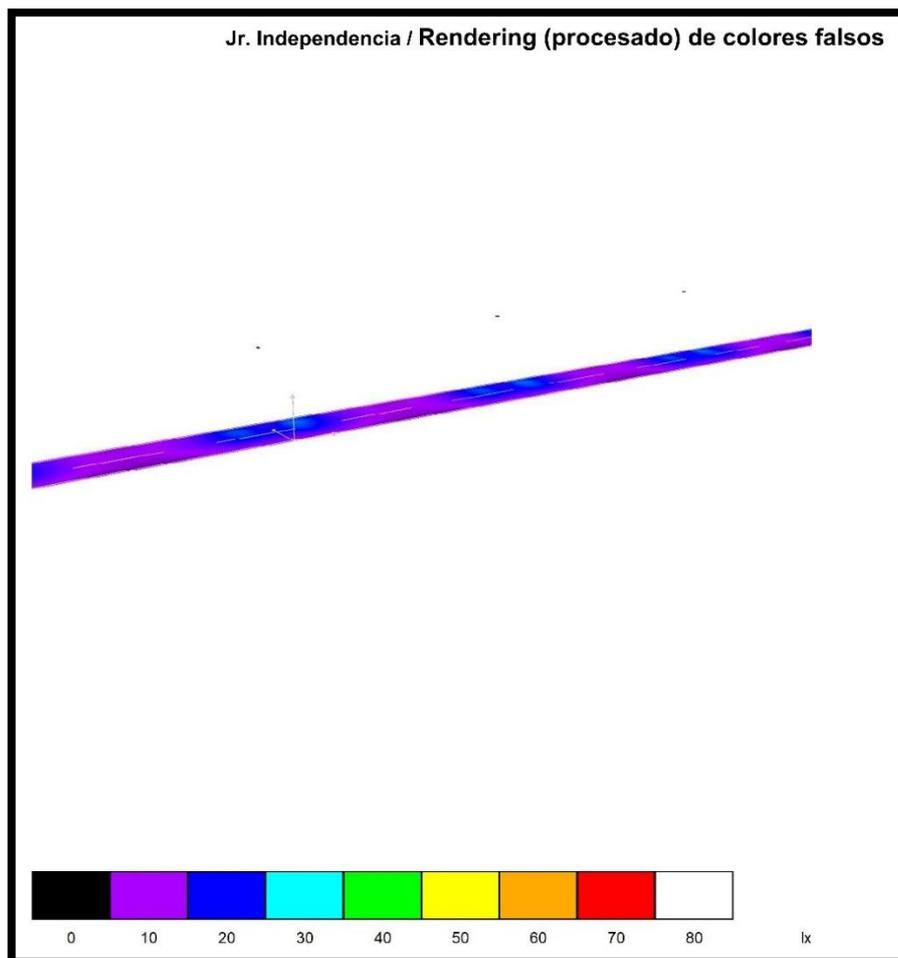


Luminaria:	CELSA MICROLED 55W
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm
Potencia de las luminarias:	54.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	28.000 m
Altura de montaje (1):	7.500 m
Altura del punto de luz:	7.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.509 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 547 cd/klm
con 80°: 99 cd/klm
con 90°: 6.74 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.



Jr. Independencia

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail [ingomar247@gmail.com](mailto:ingomar247@gmail.com)

**Jr. Independencia / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

Escala 1:244

Factor mantenimiento: 0.70

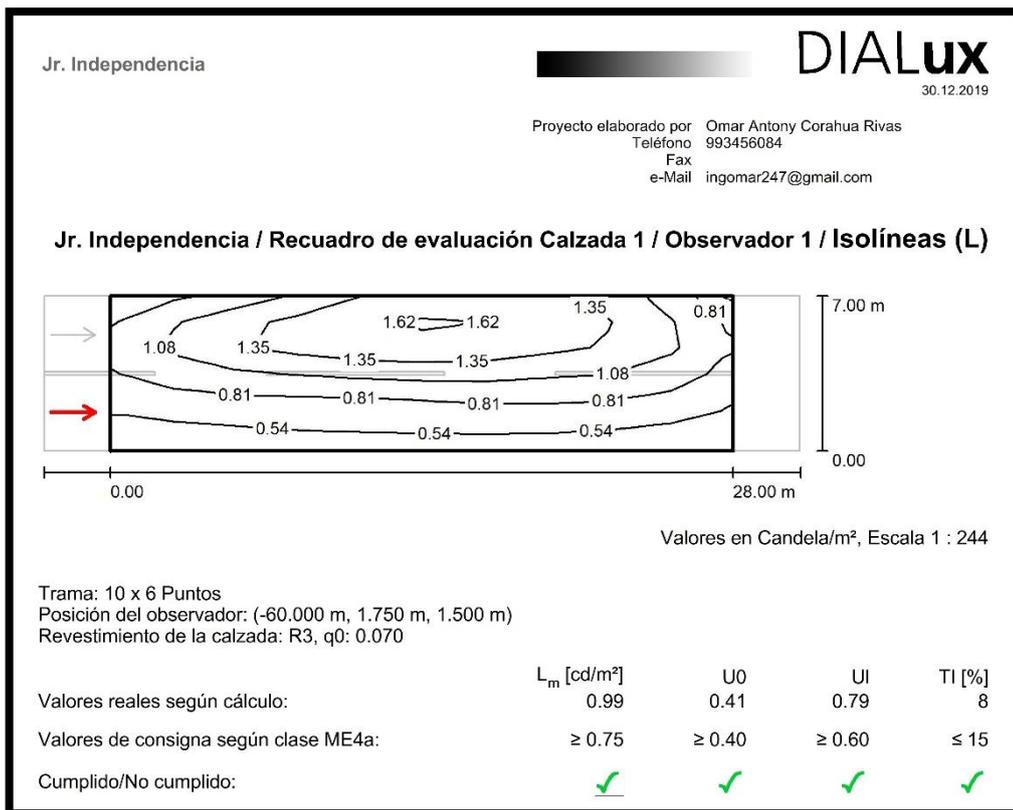
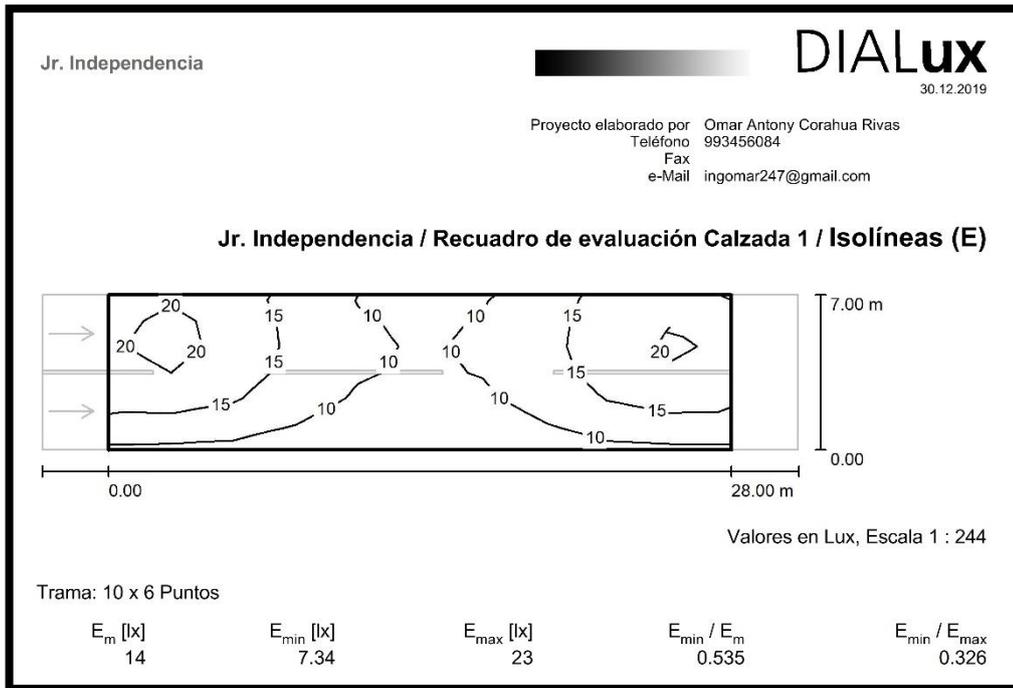
Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

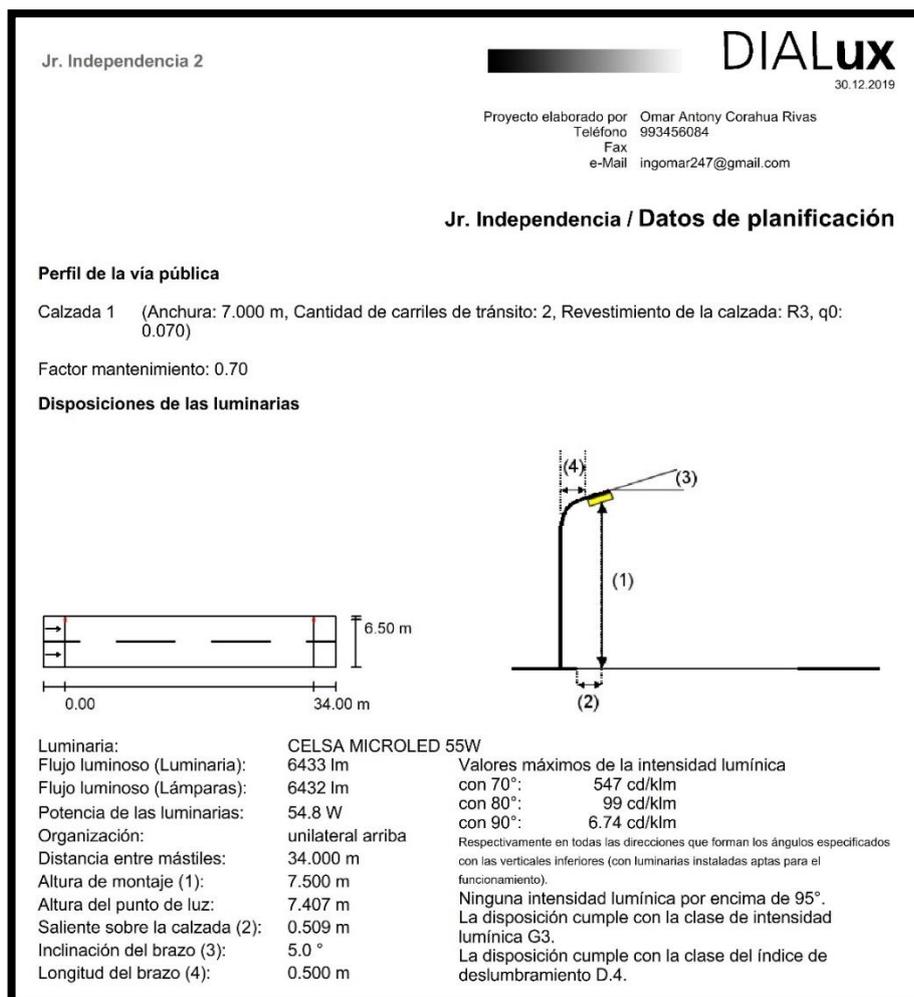
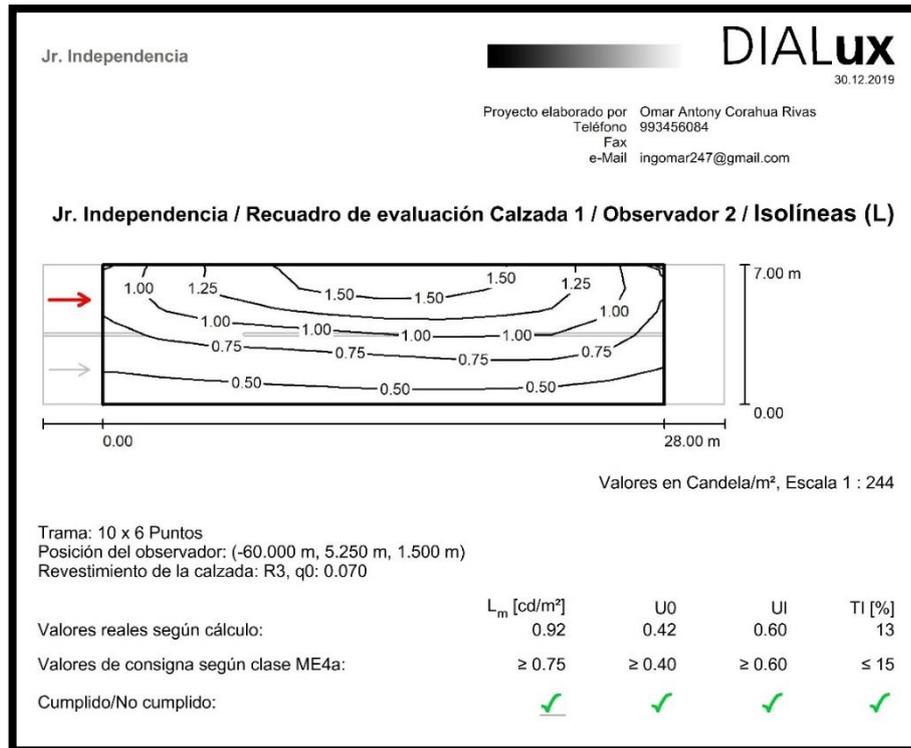
(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

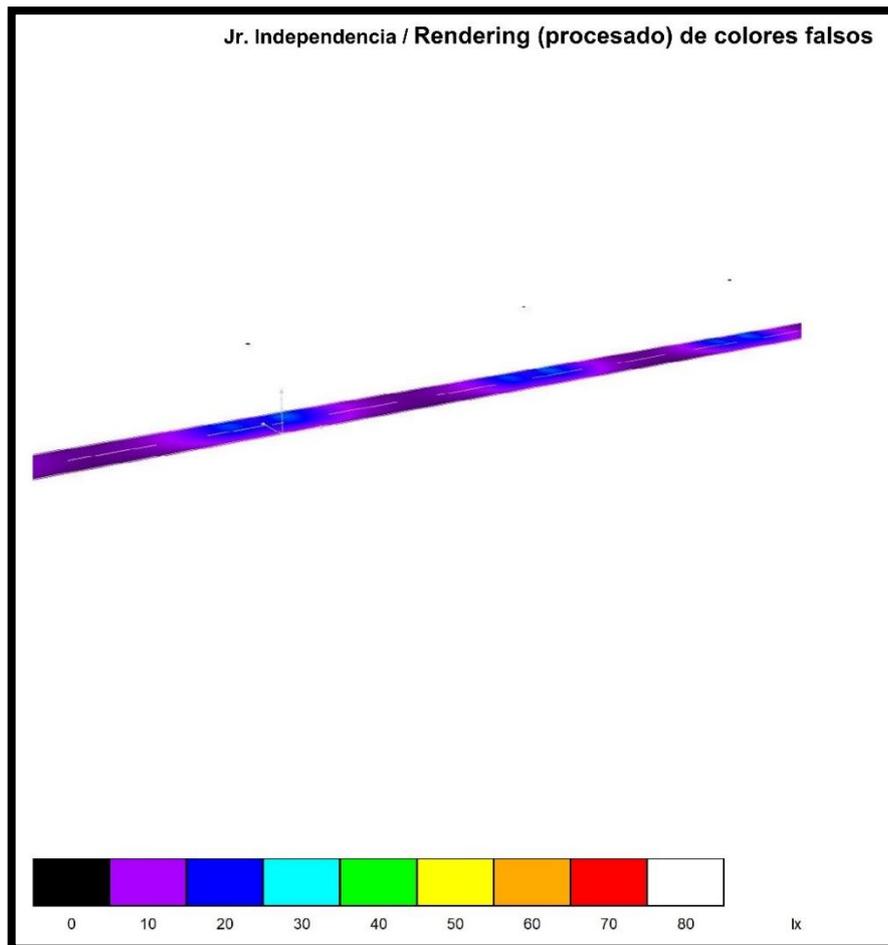
	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.92	0.41	0.60	13	0.51
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.99	0.41	0.79	8
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.92	0.42	0.60	13







Jr. Independencia 2

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Independencia / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:286

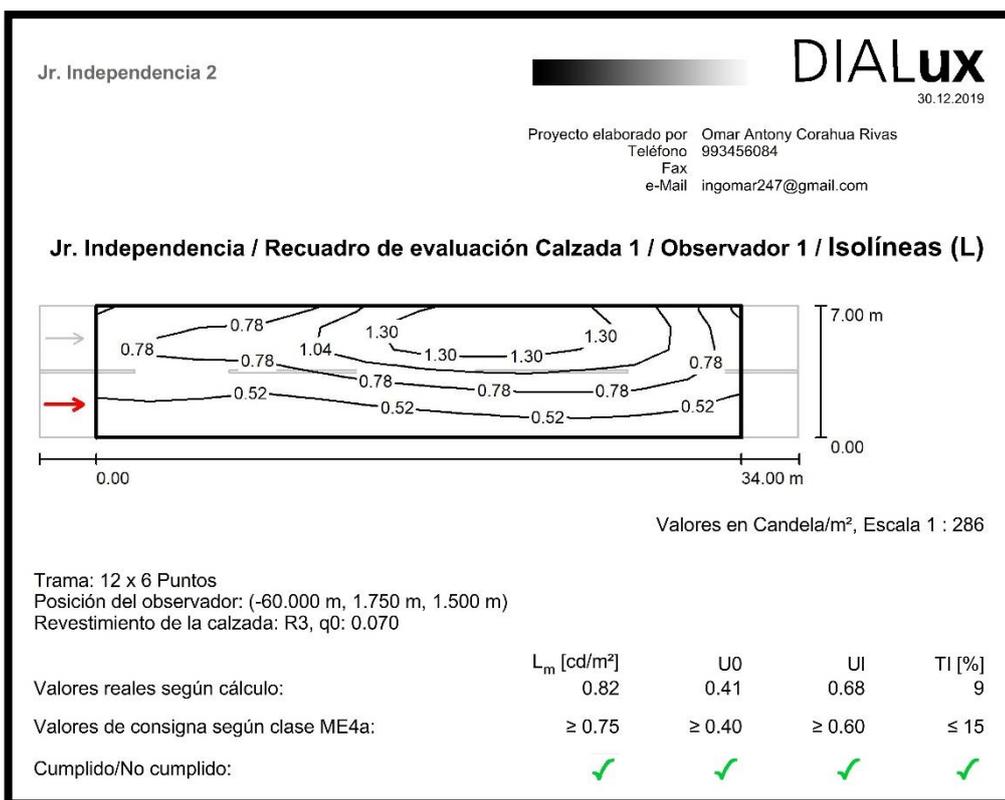
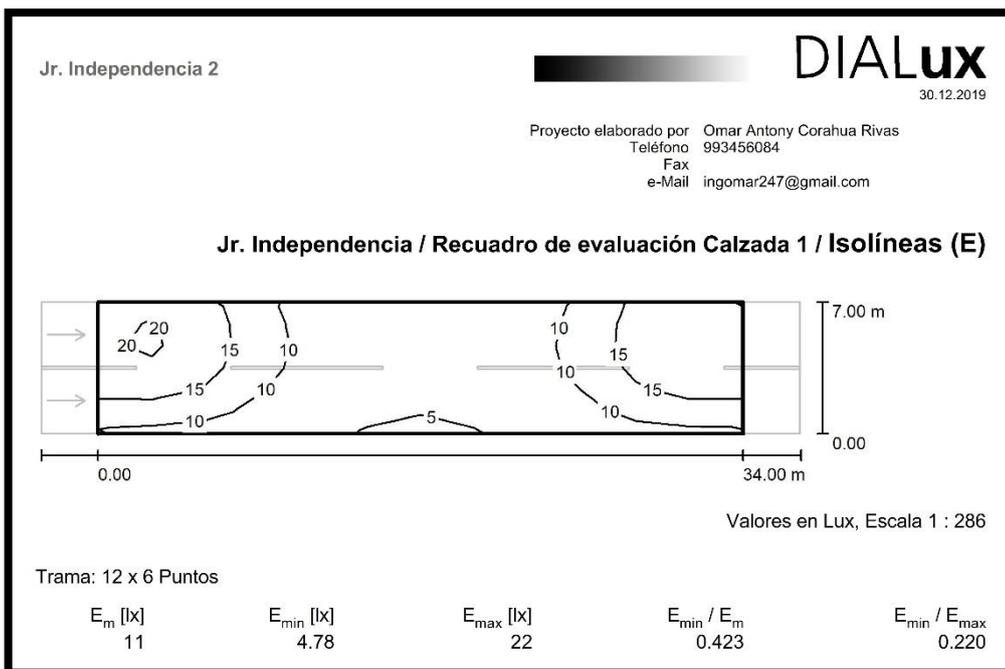
Trama: 12 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

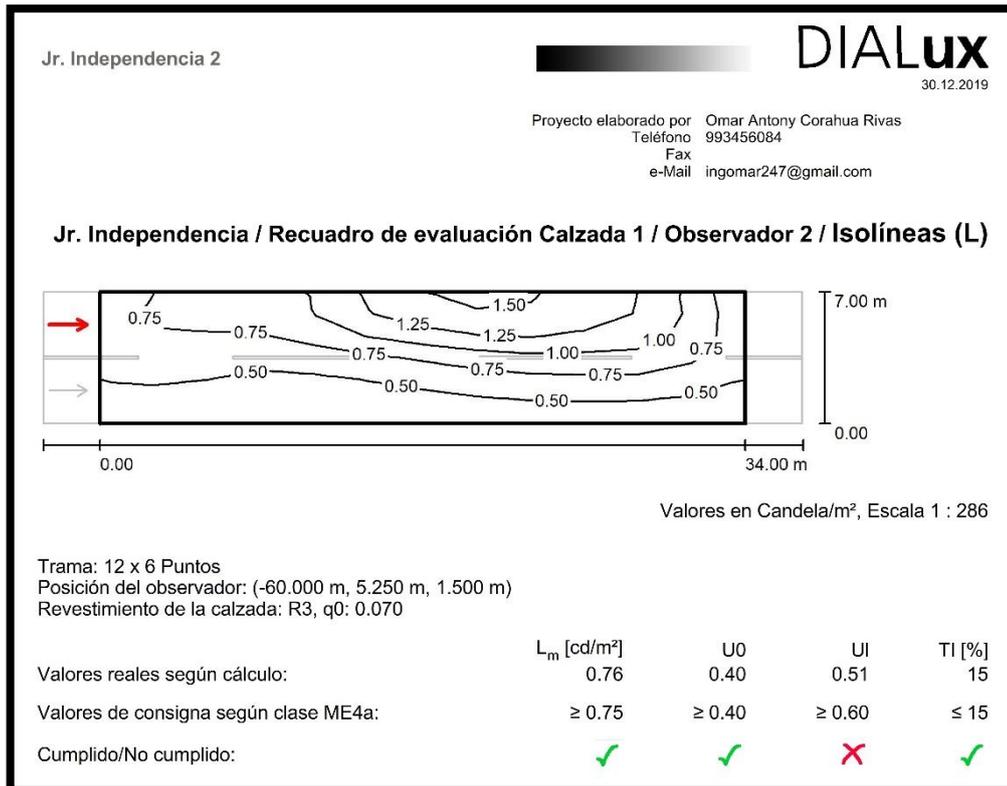
(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.76	0.40	0.51	15	0.51
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✗	✓	✓

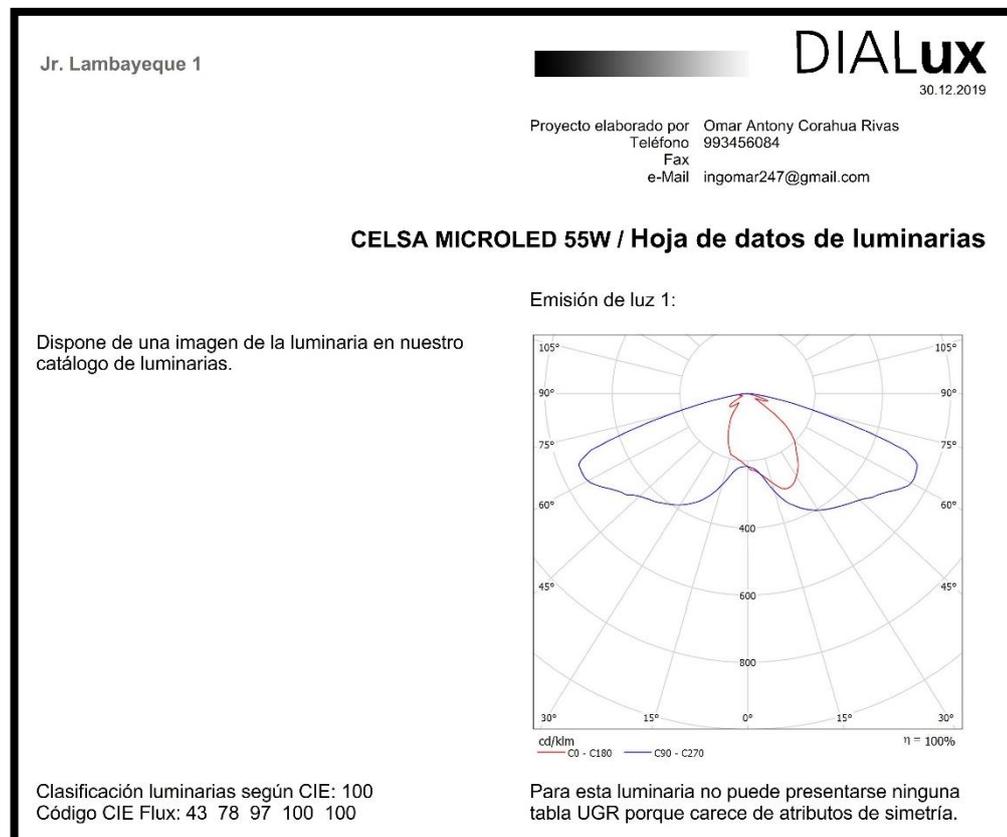
**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.82	0.41	0.68	9
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.76	0.40	0.51	15





**ANEXO 03: Simulación Jr. Lambayeque**



Jr. Lambayeque 1



**DIALUX**

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

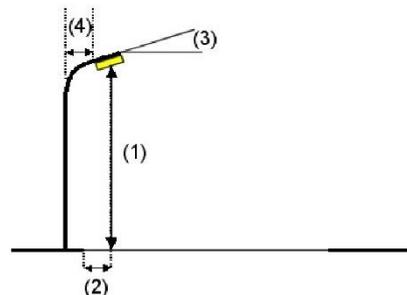
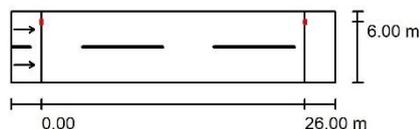
**Jr. Lambayeque 1 / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



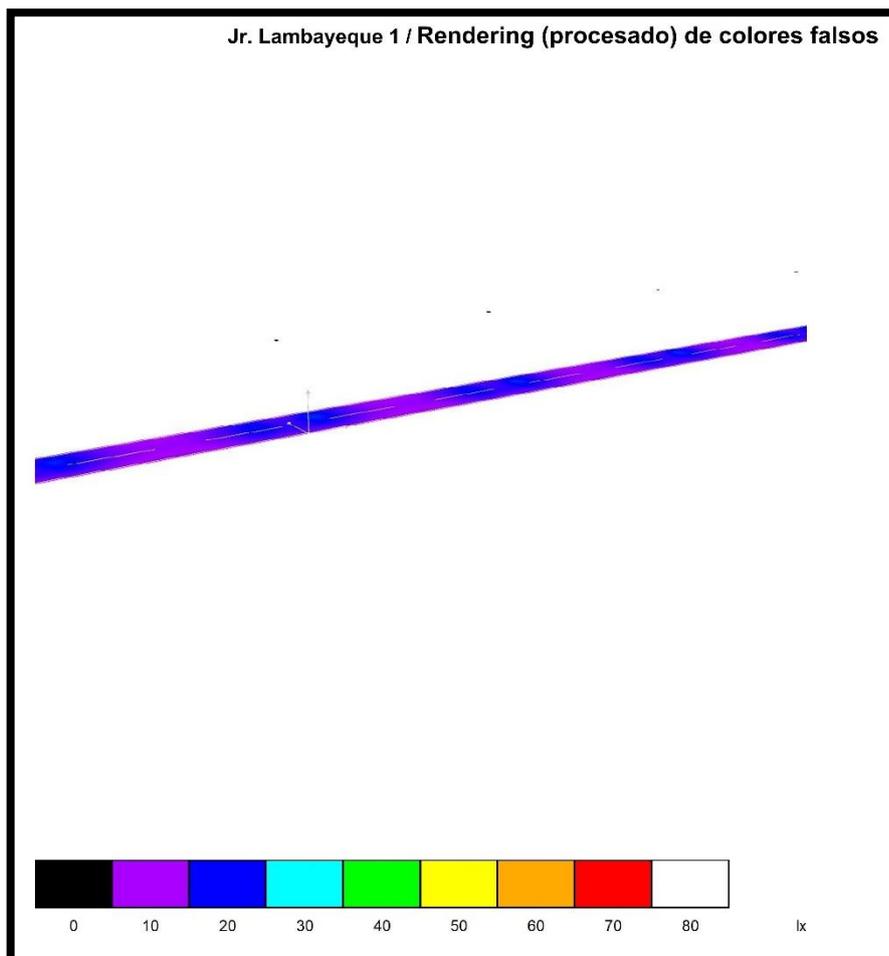
Luminaria:	CELSA MICROLED 55W
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm
Potencia de las luminarias:	54.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	26.000 m
Altura de montaje (1):	8.100 m
Altura del punto de luz:	8.007 m
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	1.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 547 cd/klm
con 80°: 99 cd/klm
con 90°: 6.74 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.



Jr. Lambayeque 1

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Lambayeque 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

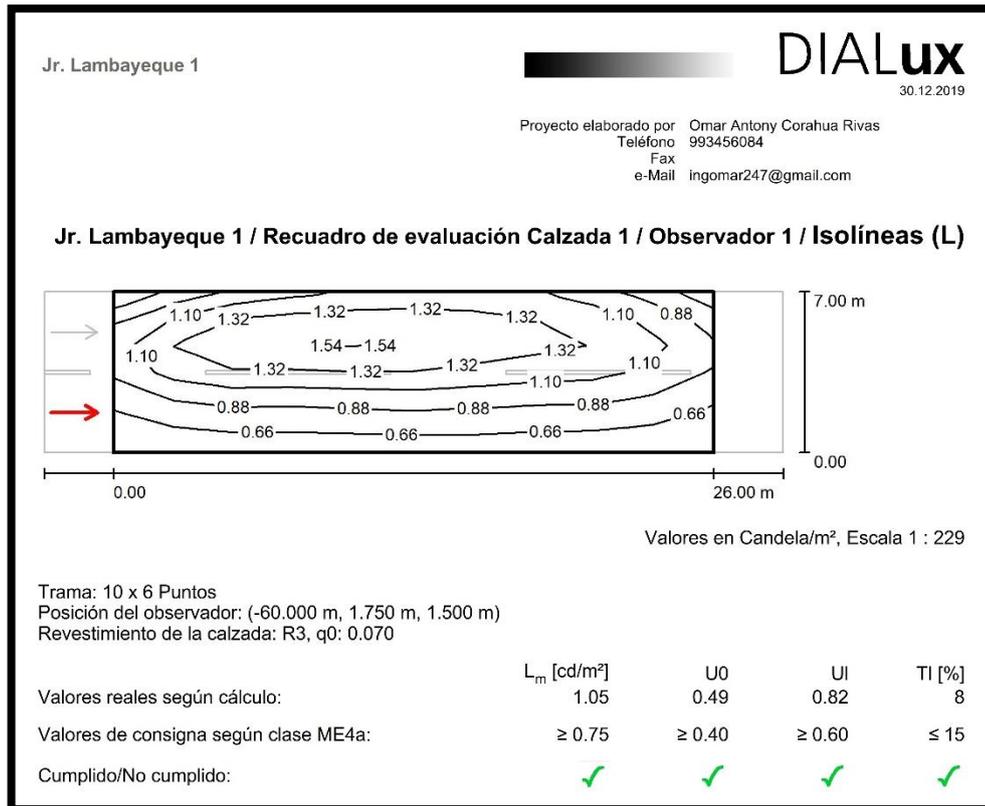
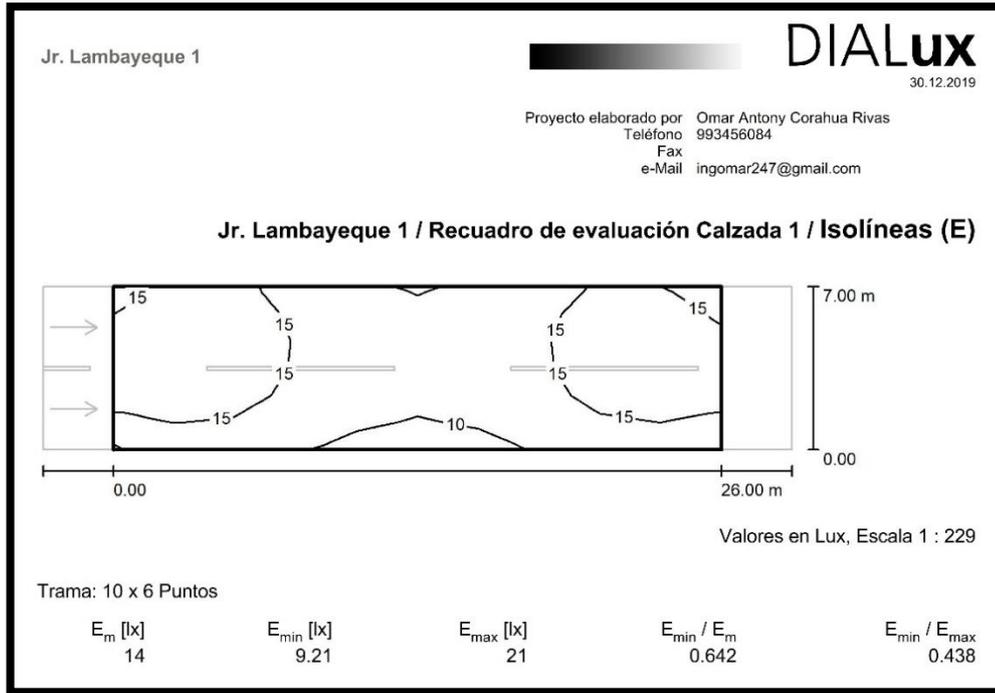
Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:229

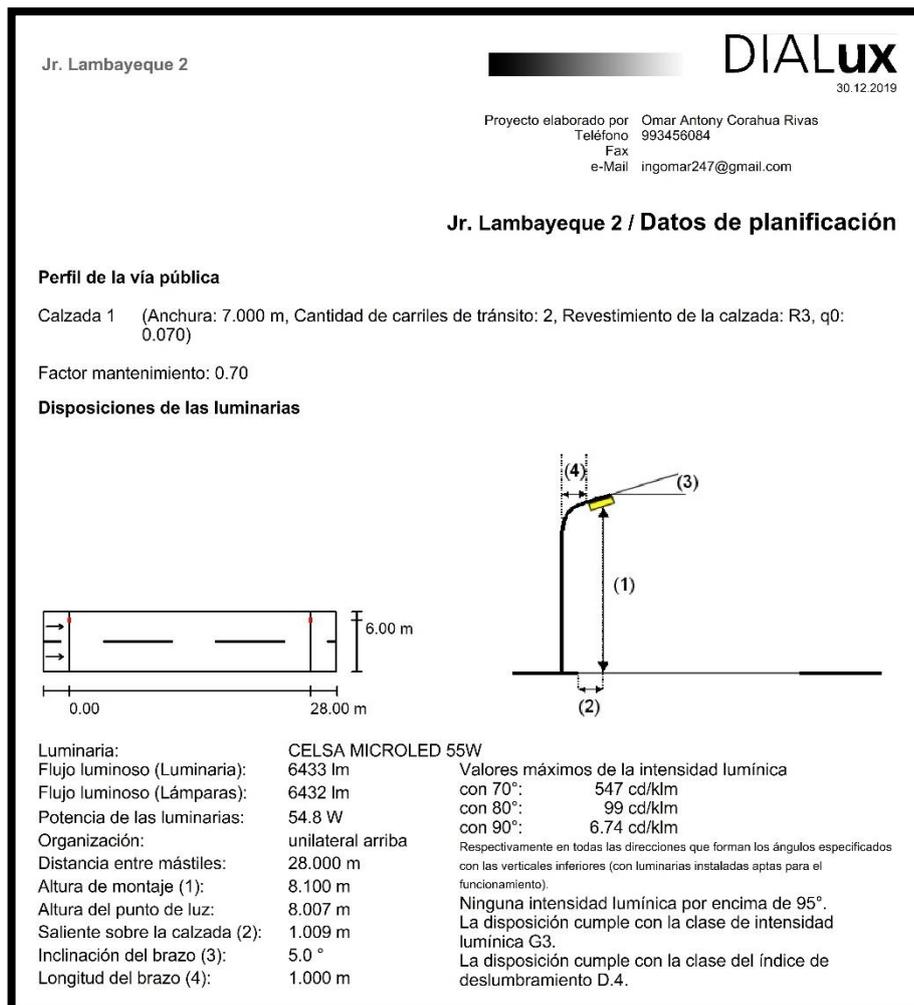
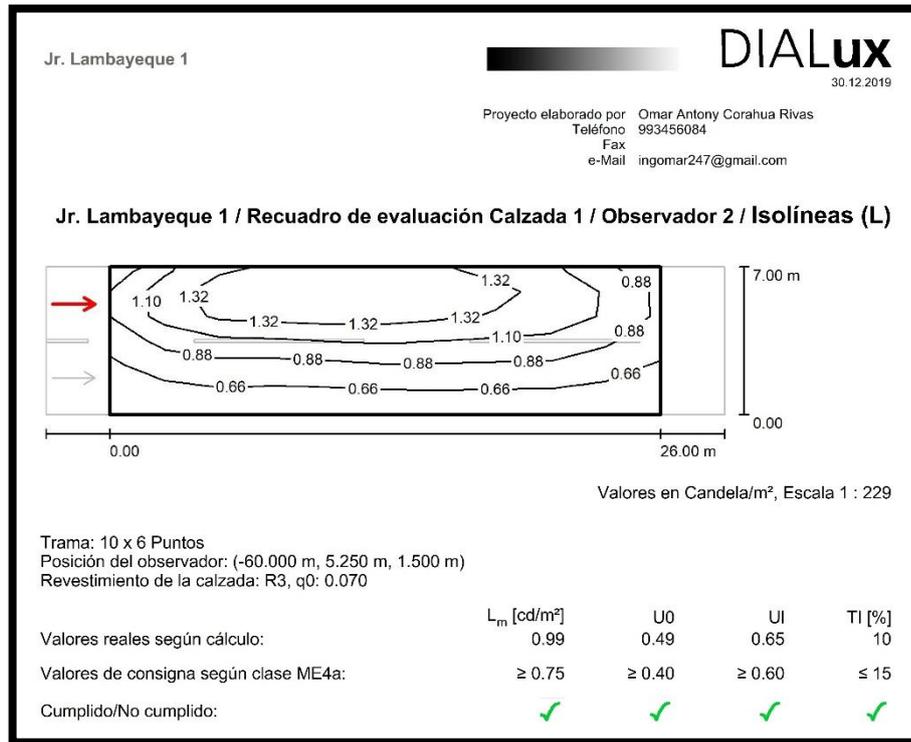
Trama: 10 x 6 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
Clase de iluminación seleccionada: ME4a (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

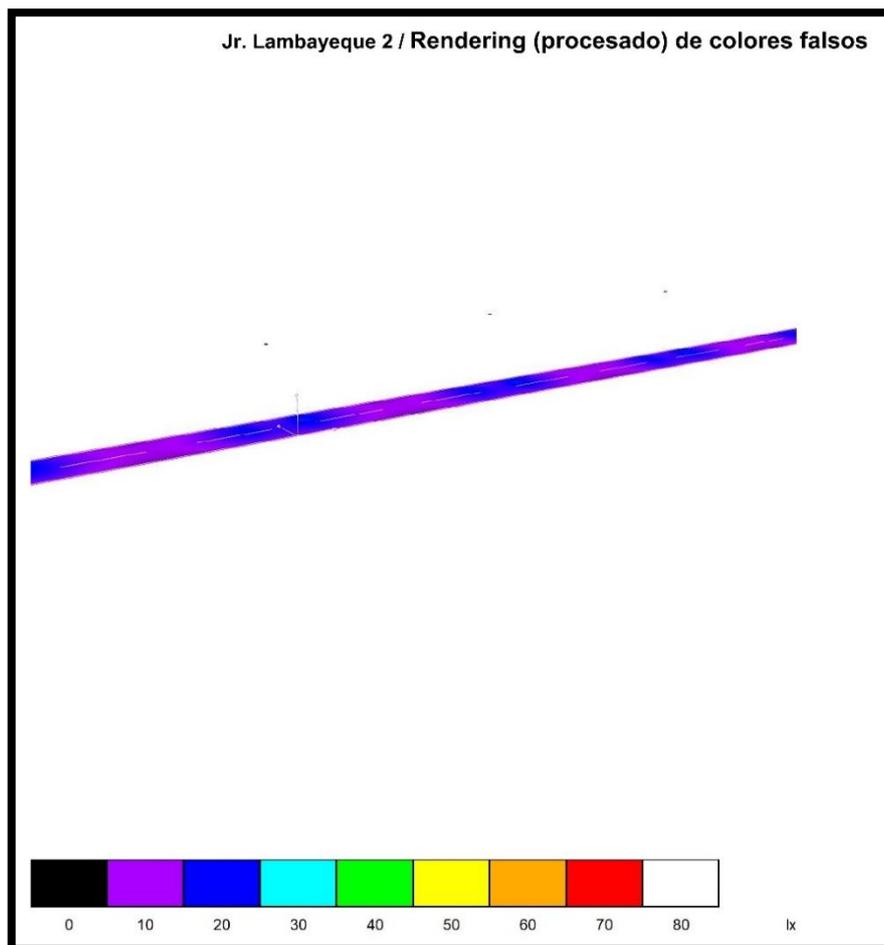
	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.99	0.49	0.65	10	0.53
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	1.05	0.49	0.82	8
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.99	0.49	0.65	10







Jr. Lambayeque 2

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Lambayeque 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:244

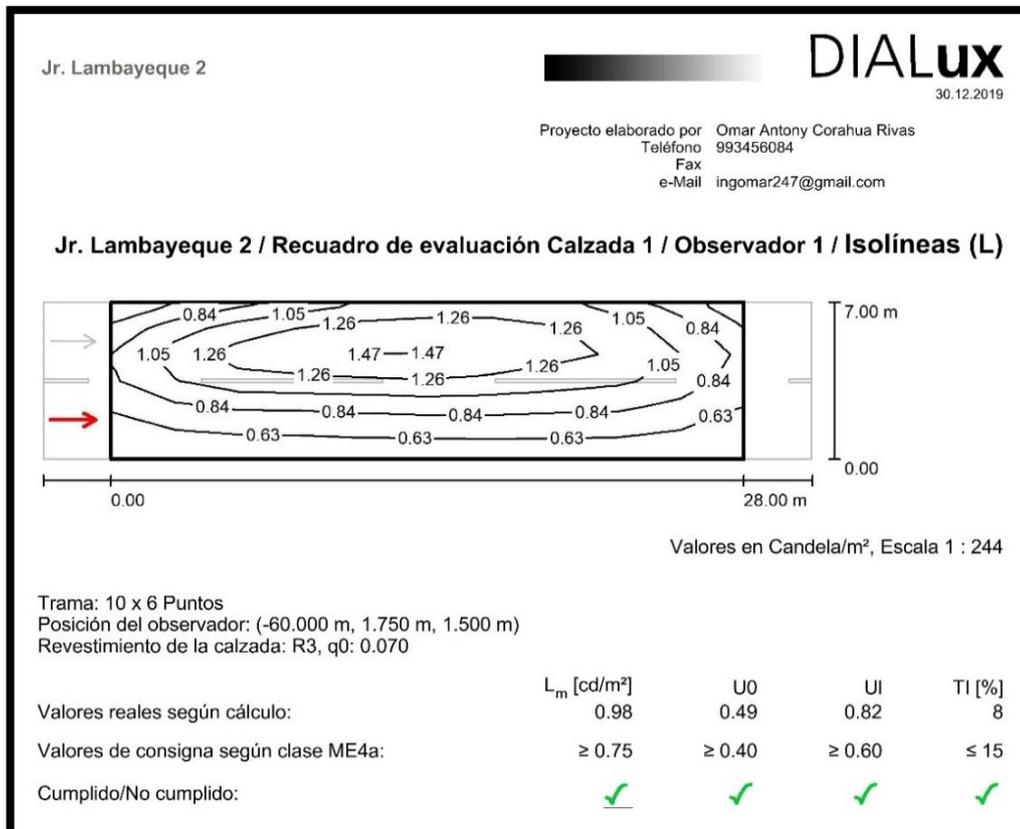
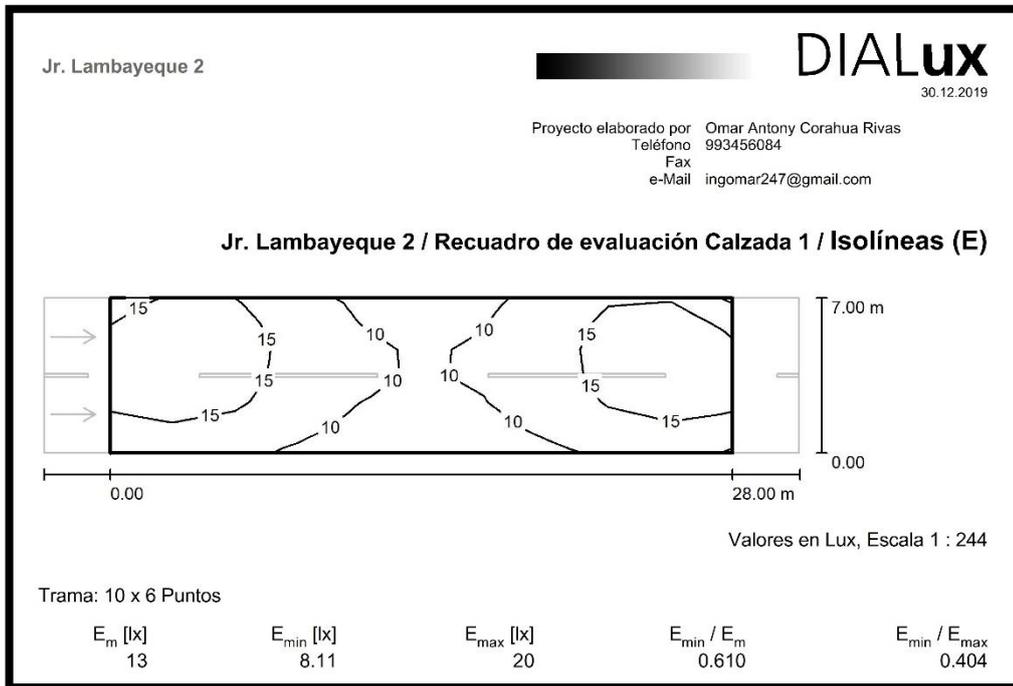
Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

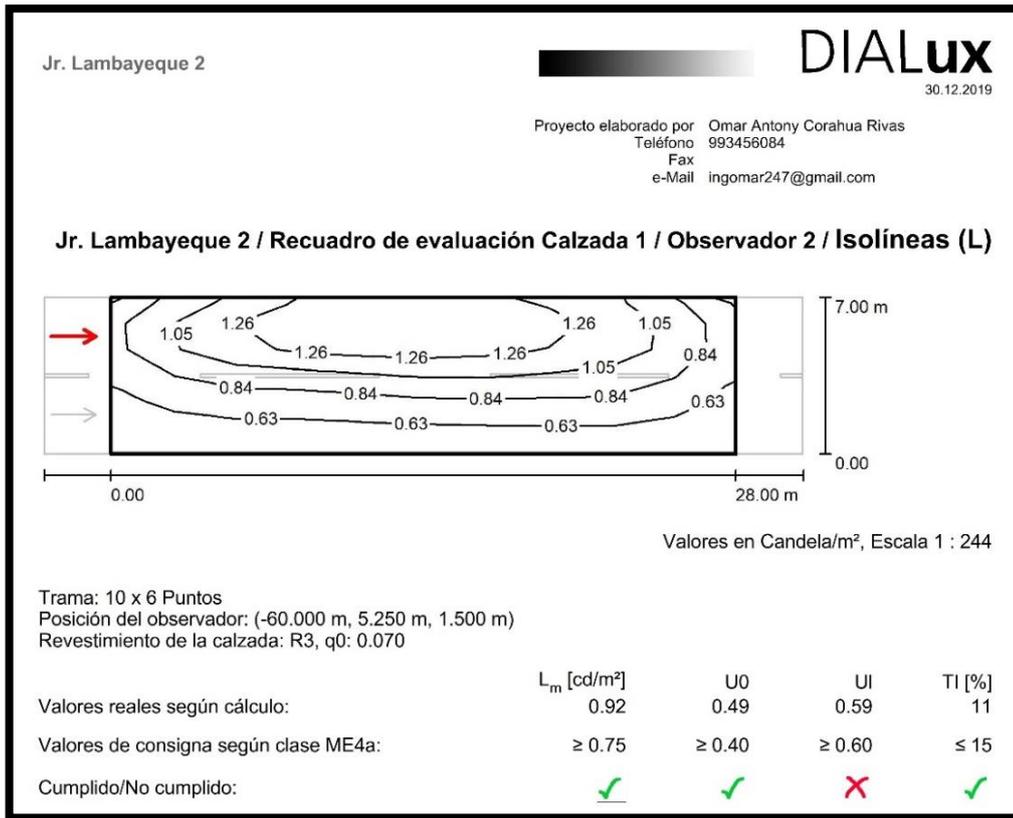
(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	0.92	0.49	0.59	11	0.53
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✗	✓	✓

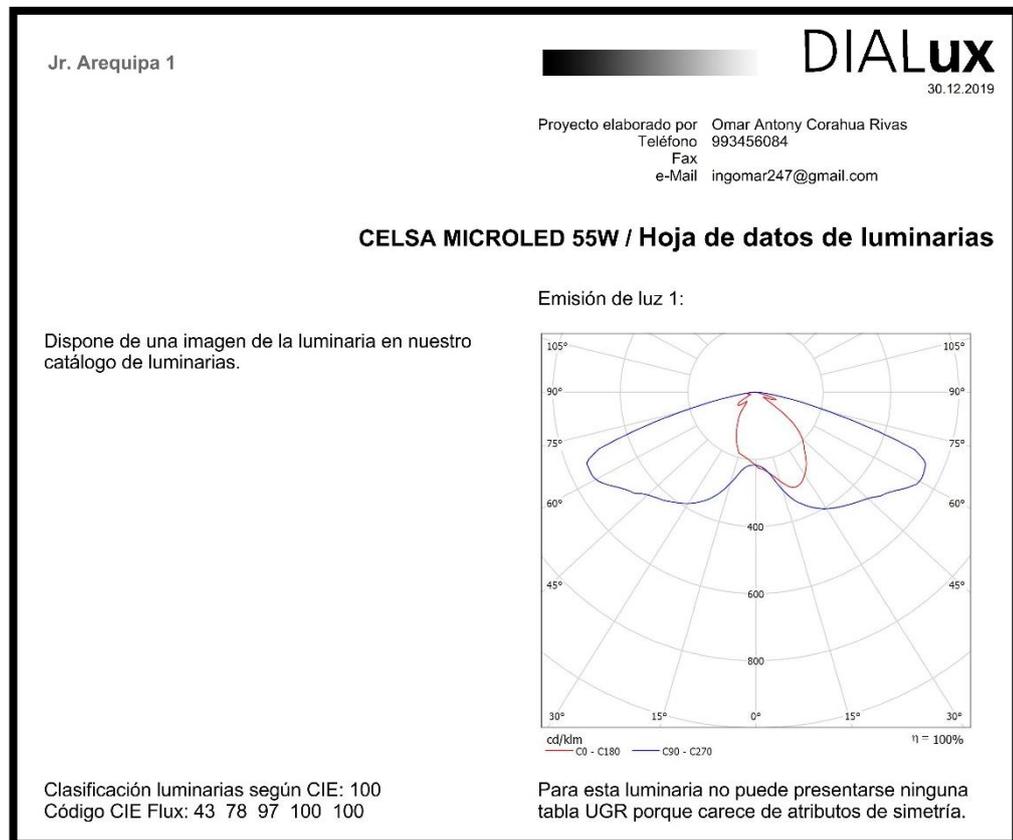
**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.98	0.49	0.82	8
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.92	0.49	0.59	11





**ANEXO 04: Simulación Jr. Arequipa**



Jr. Arequipa 1

**DIALux**  
30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

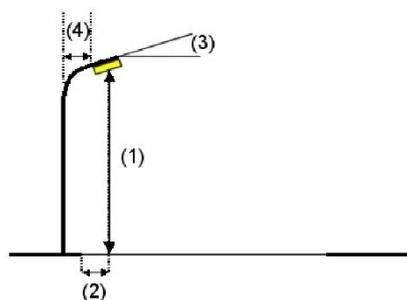
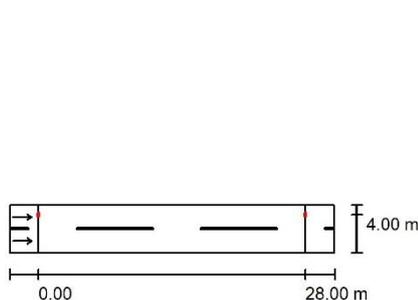
**Jr. Arequipa 1 / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

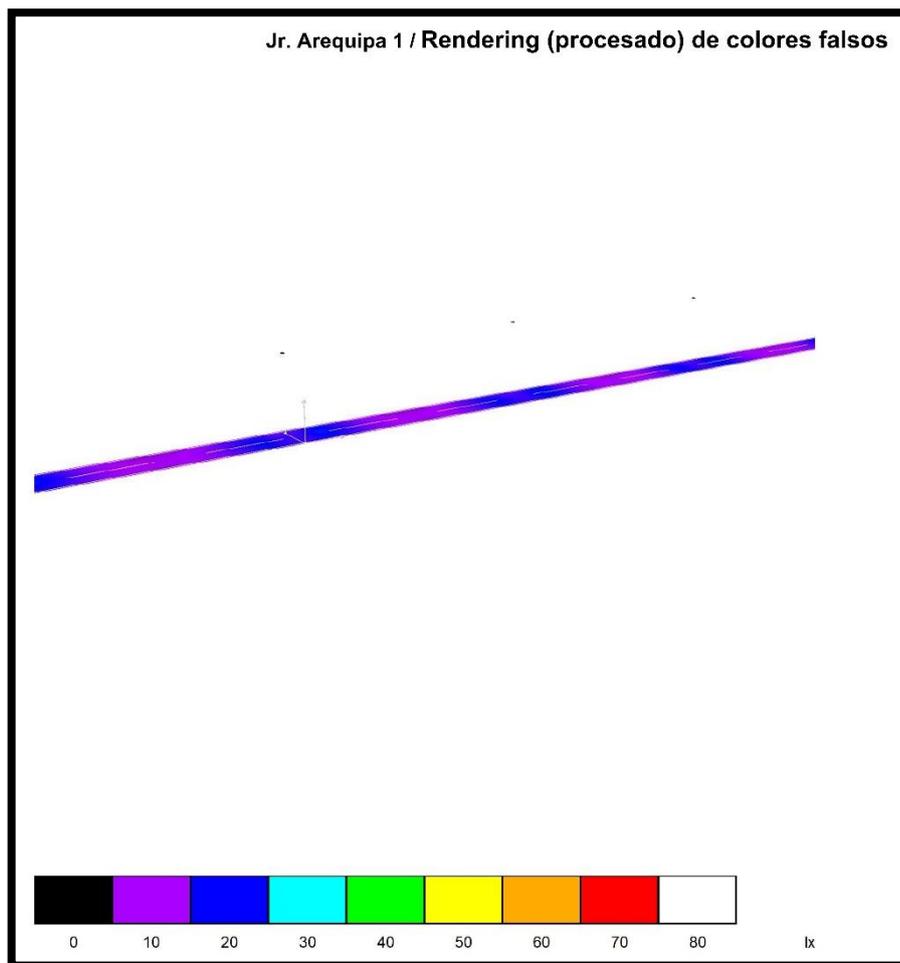
Calzada 1 (Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	CELSA MICROLED 55W	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm	con 70°: 547 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm	con 80°: 99 cd/klm
Potencia de las luminarias:	54.8 W	con 90°: 6.74 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	28.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura de montaje (1):	8.100 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura del punto de luz:	8.007 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Jr. Arequipa 1

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

30.12.2019

**Jr. Arequipa 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:244

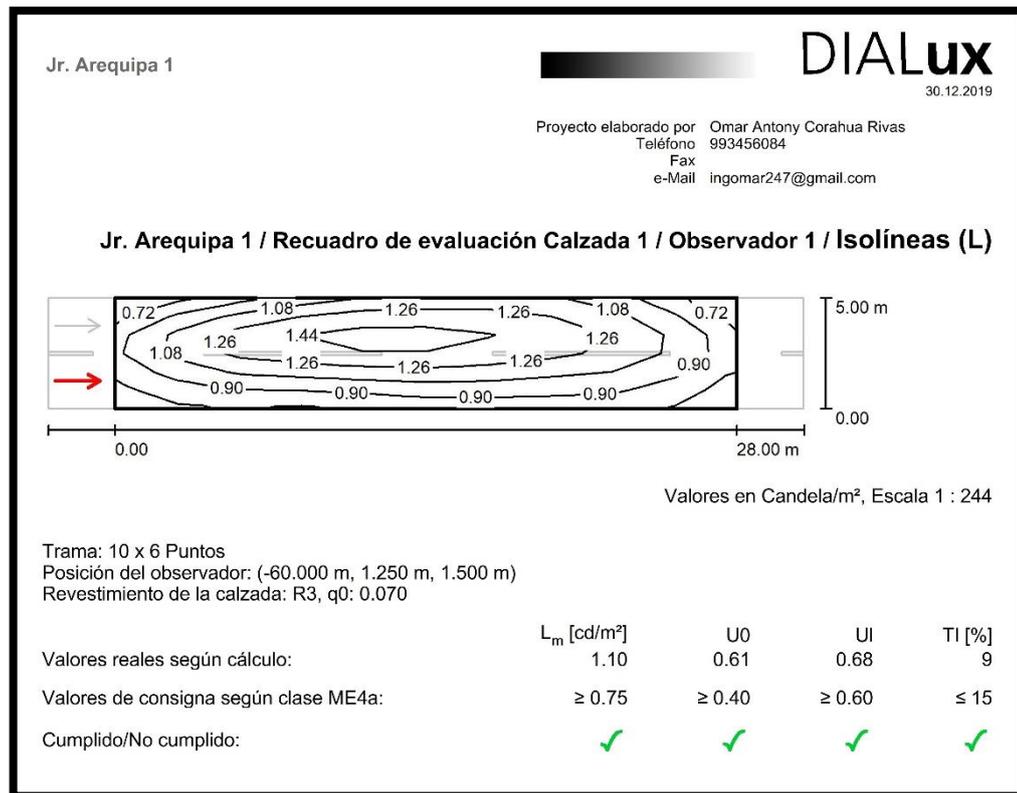
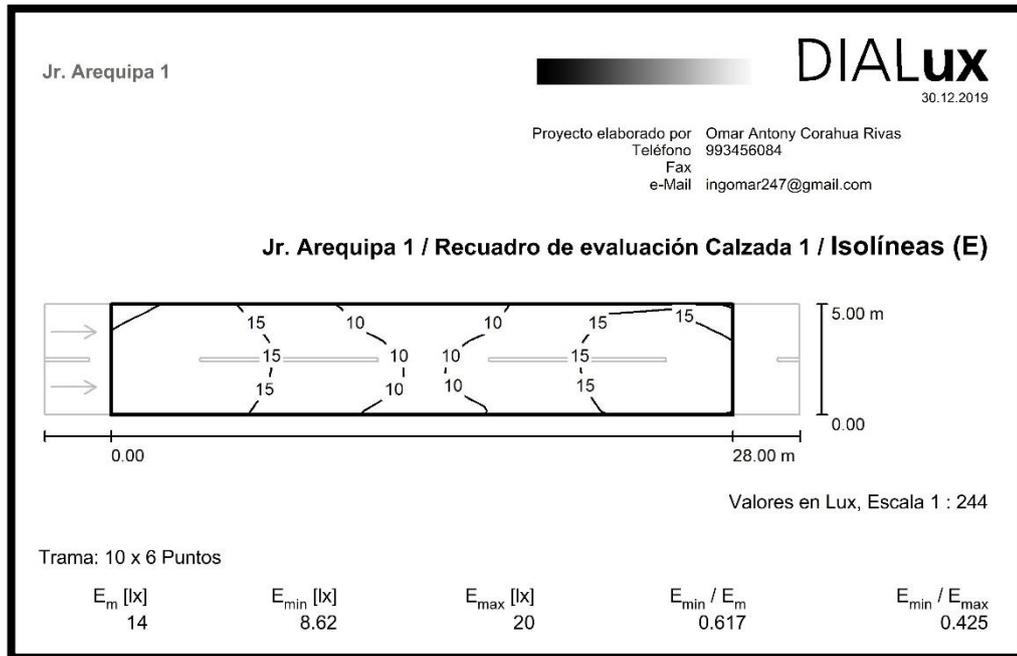
Trama: 10 x 6 Puntos  
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
Clase de iluminación seleccionada: ME4a

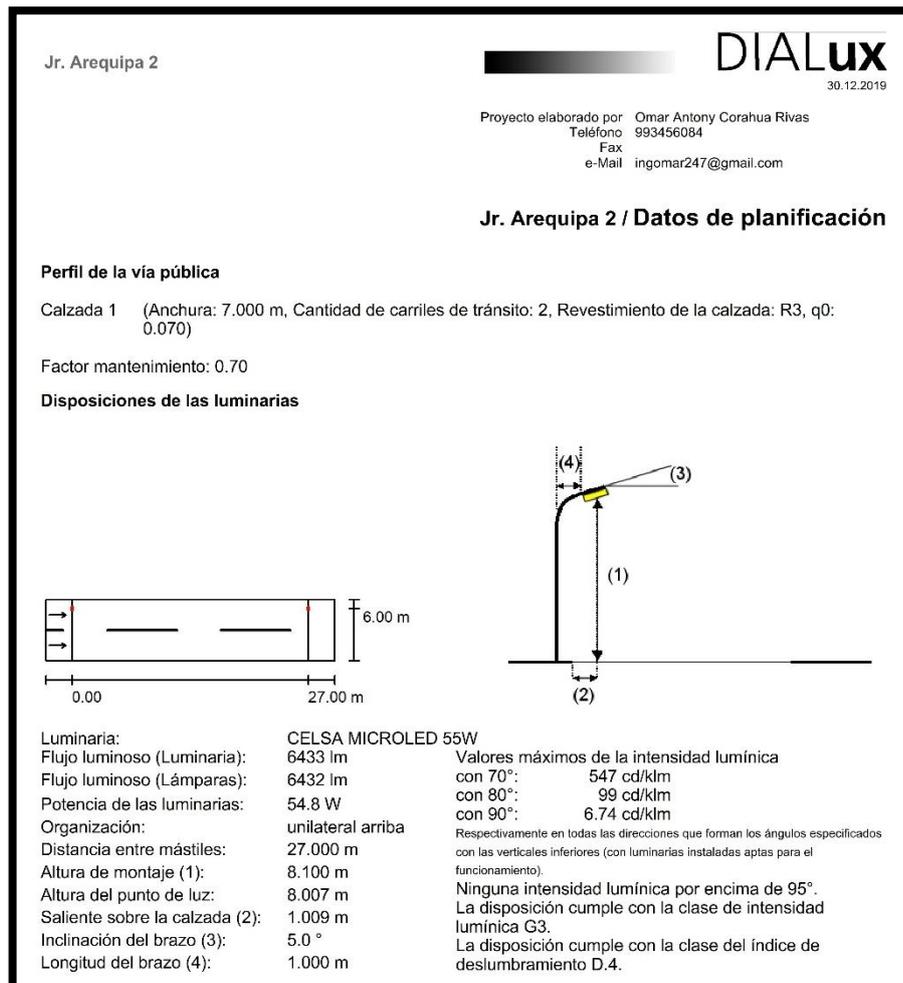
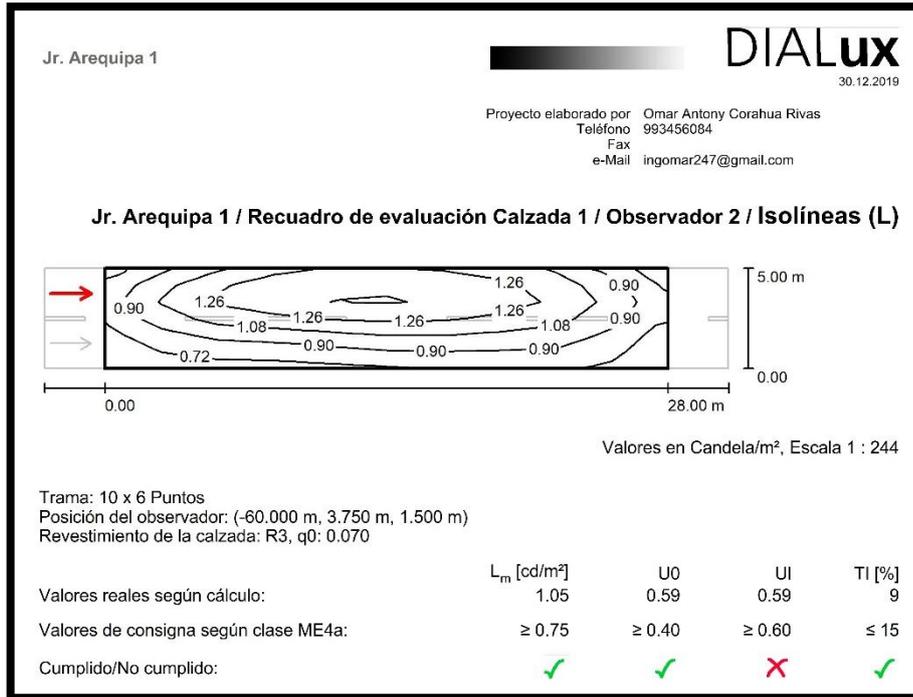
(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

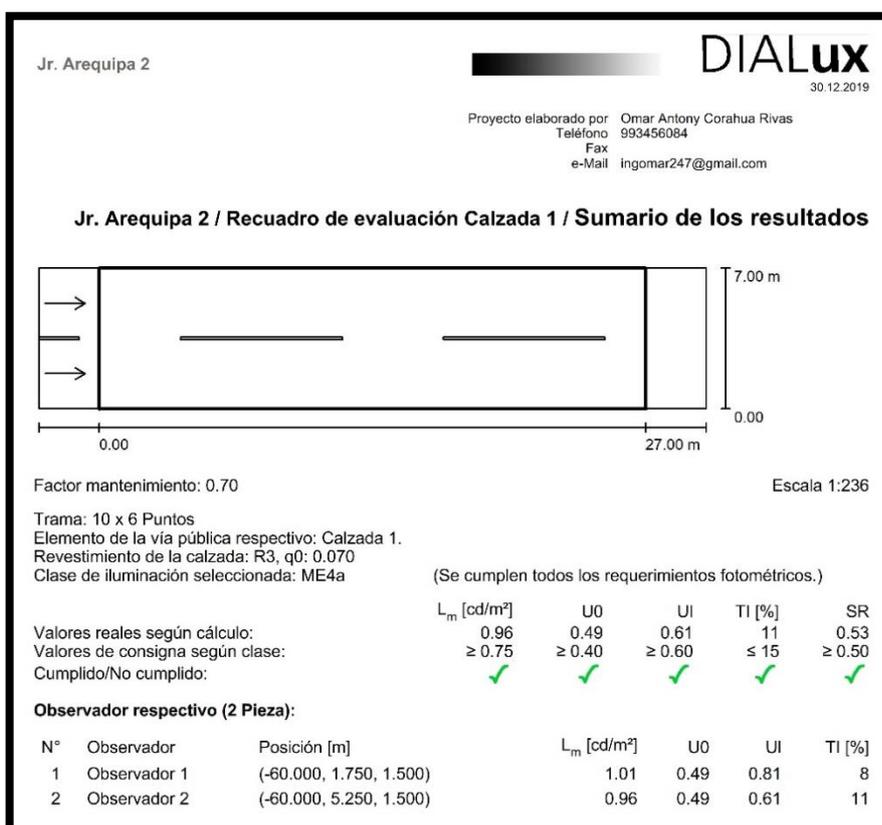
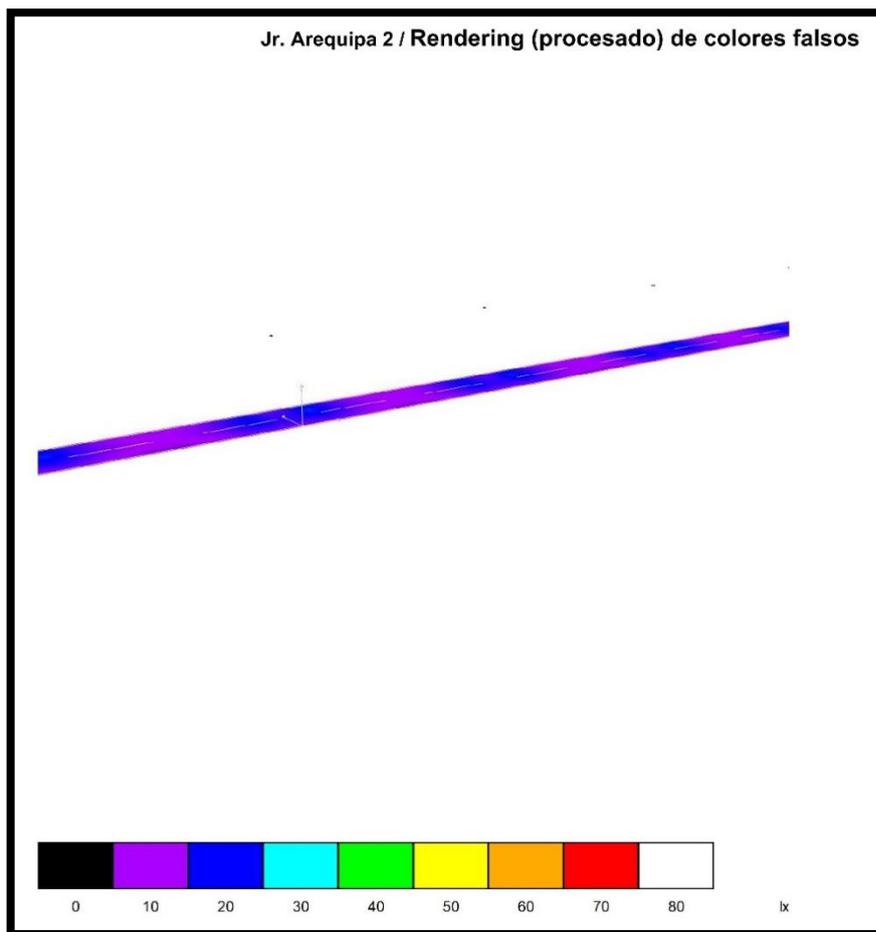
	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.05	0.59	0.59	9	0.72
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✗	✓	✓

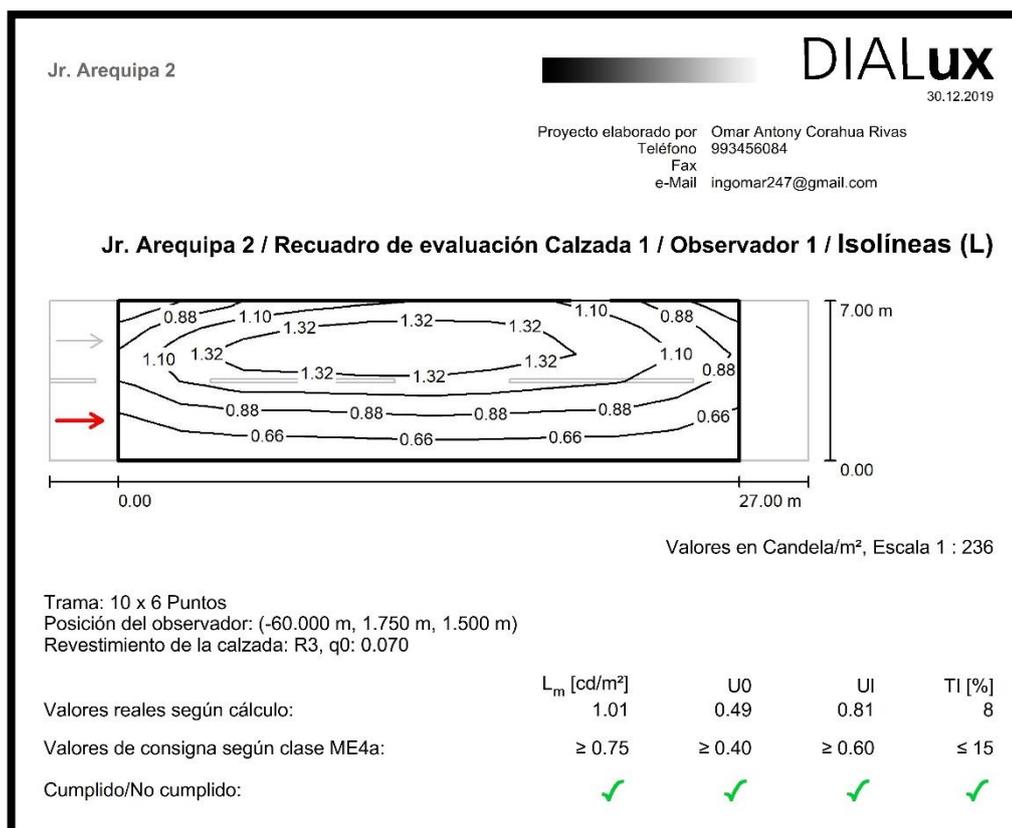
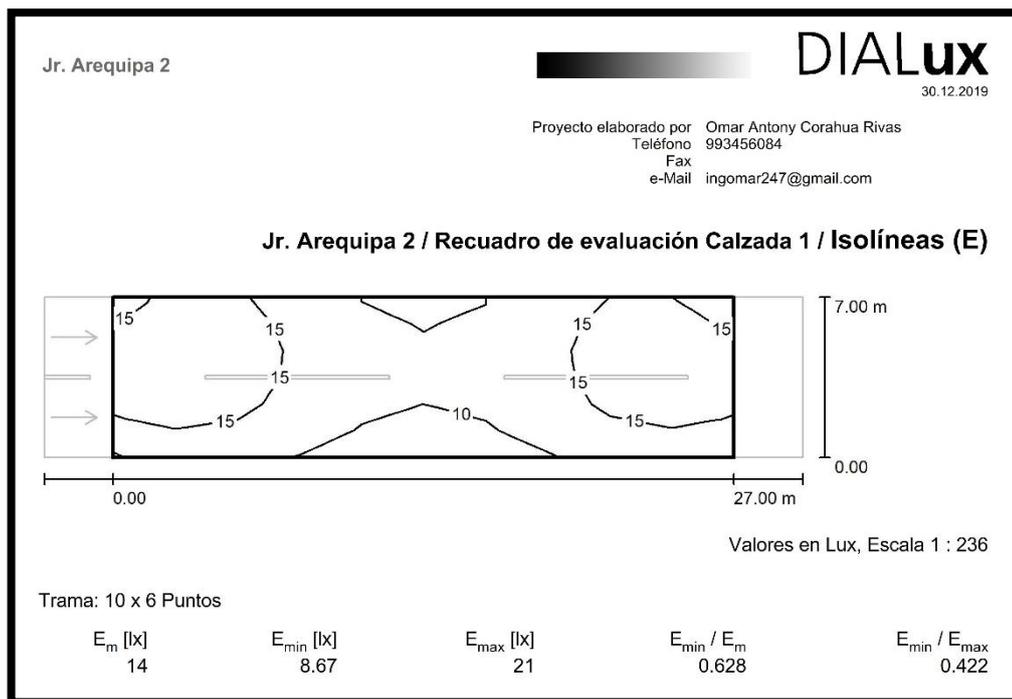
**Observador respectivo (2 Pieza):**

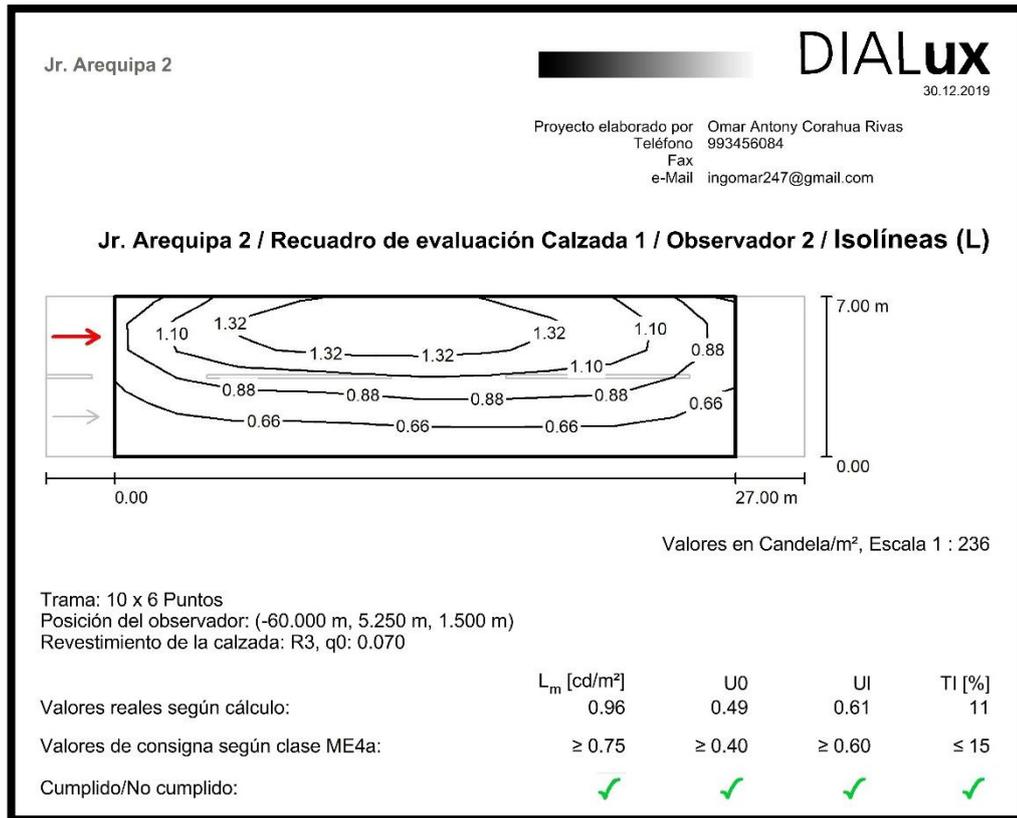
N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.250, 1.500)	1.10	0.61	0.68	9
2	Observador 2	(-60.000, 3.750, 1.500)	1.05	0.59	0.59	9



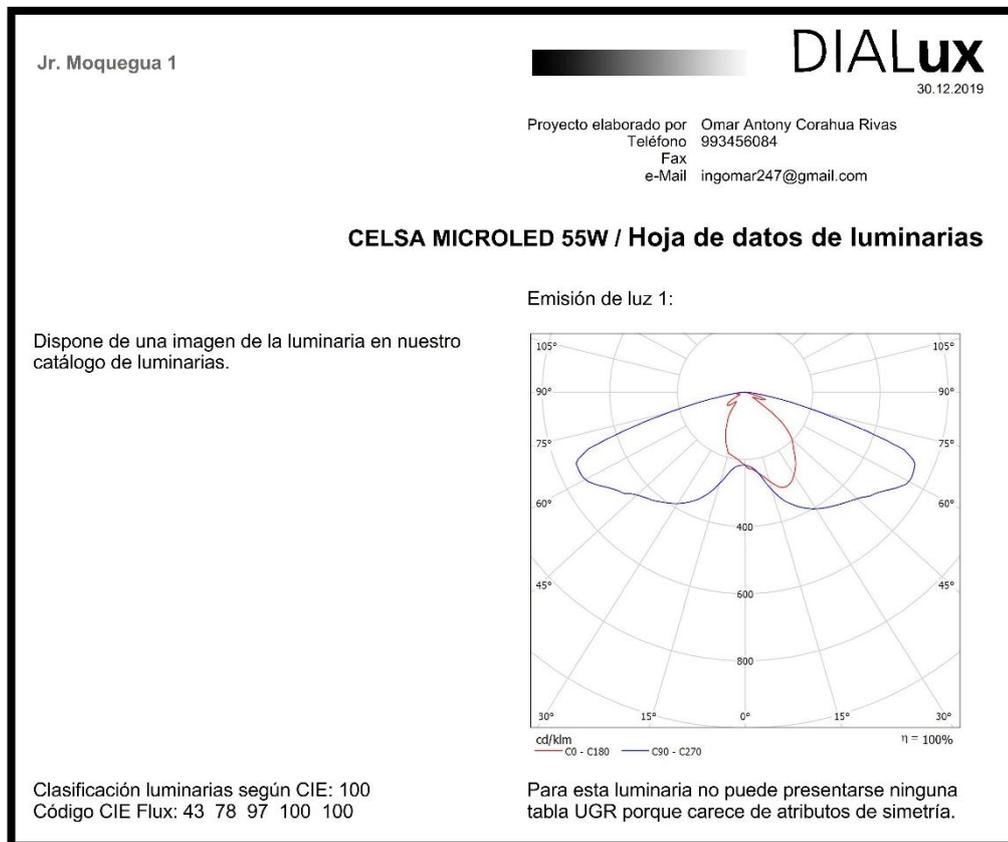








**ANEXO 05: Simulación Jr. Moquegua**



Jr. Moquegua 1

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

### Jr. Moquegua 1 / Datos de planificación

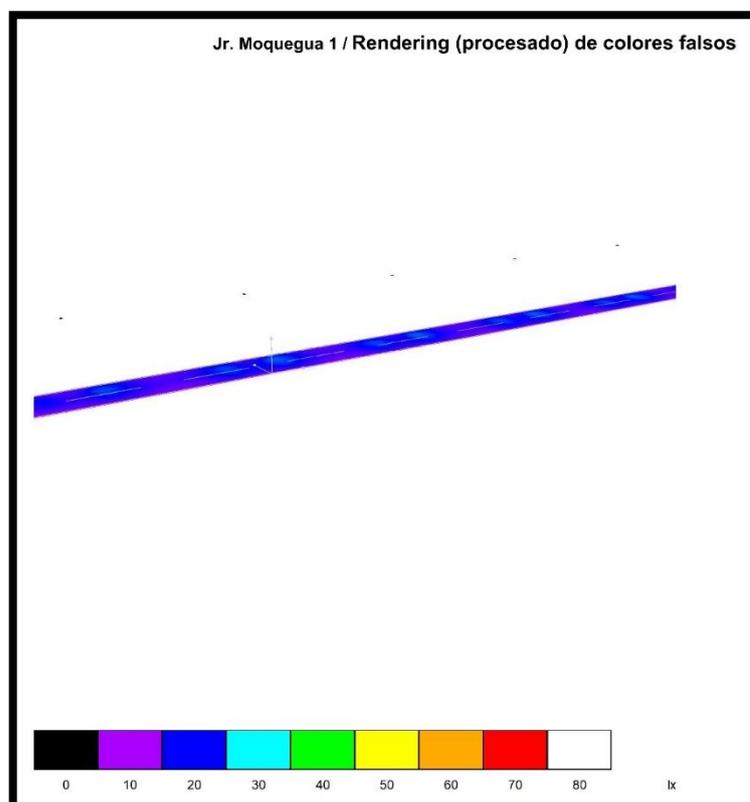
**Perfil de la vía pública**

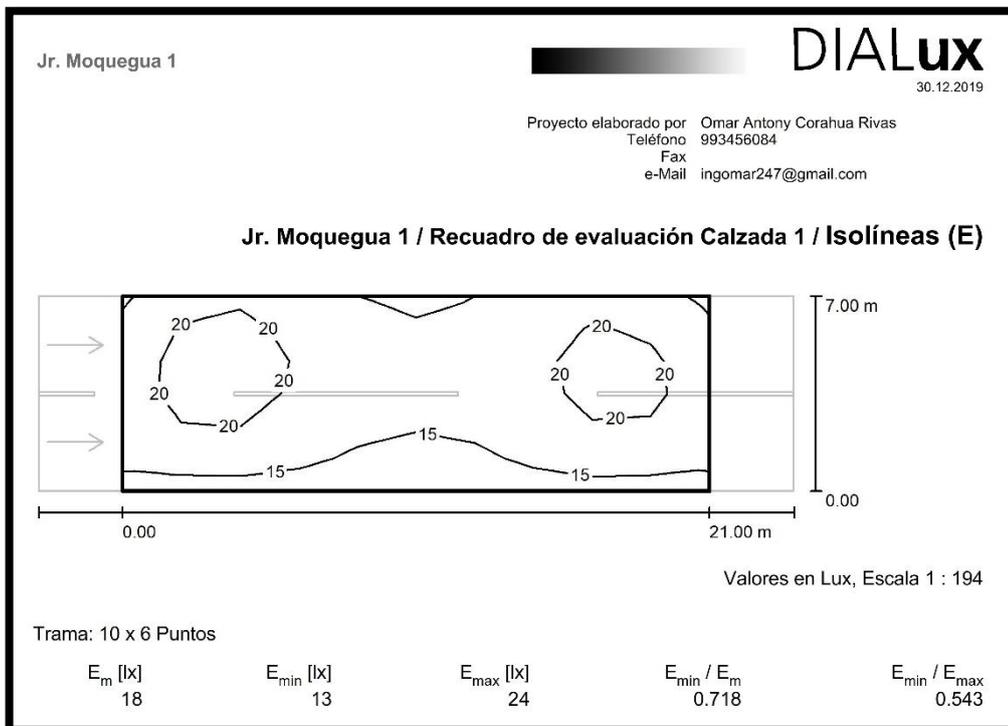
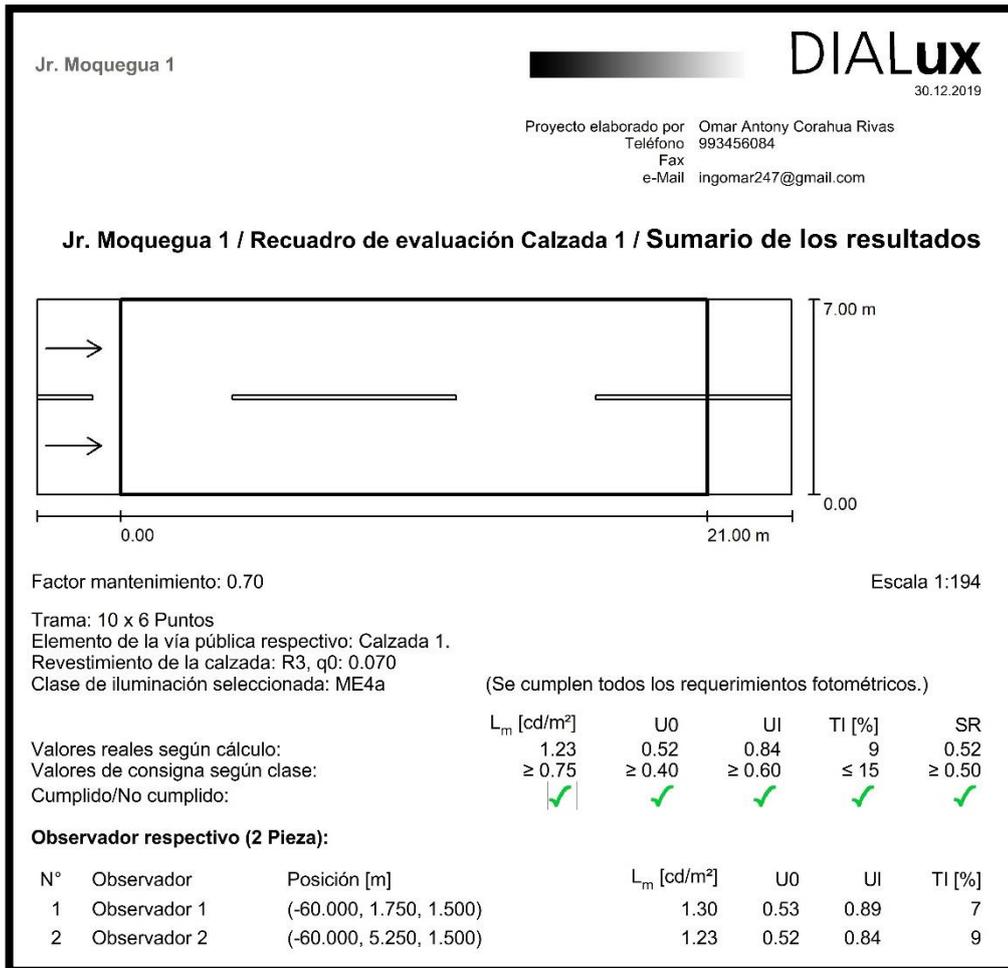
Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

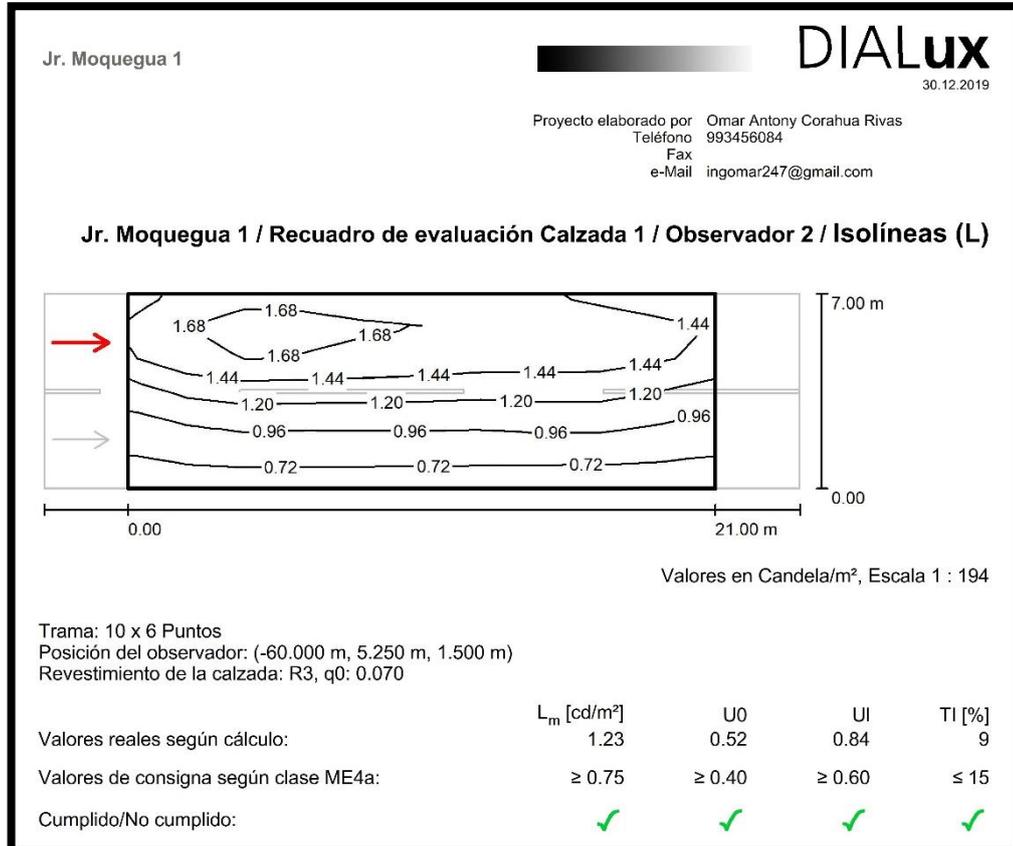
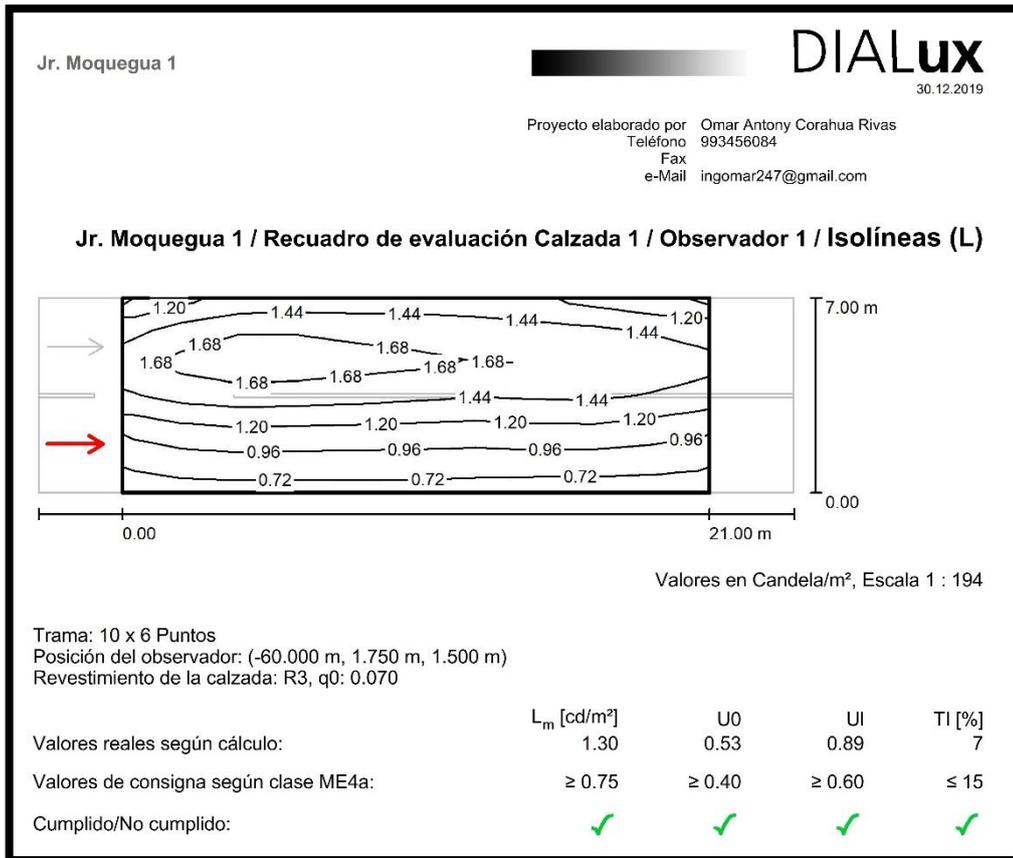
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

Luminaria:	CELSA MICROLED 55W		
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm	Valores máximos de la intensidad luminica	
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm	con 70°:	547 cd/klm
Potencia de las luminarias:	54.8 W	con 80°:	99 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	con 90°:	6.74 cd/klm
Distancia entre mástiles:	21.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
Altura de montaje (1):	8.100 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 95°.	
Altura del punto de luz:	8.007 m	La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °		
Longitud del brazo (4):	1.000 m		







Jr. Moquegua 2

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Moquegua 2 / Datos de planificación**

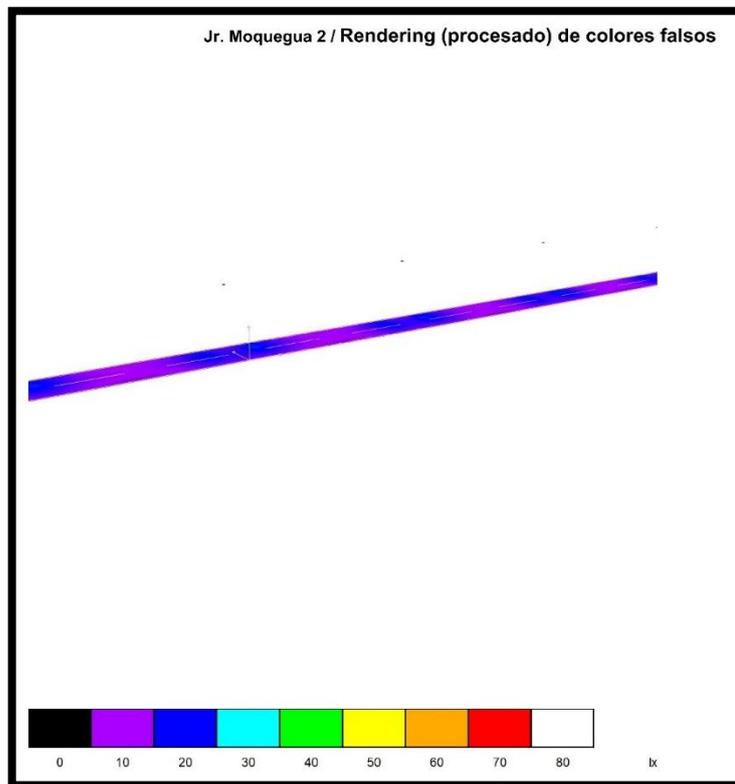
**Perfil de la vía pública**

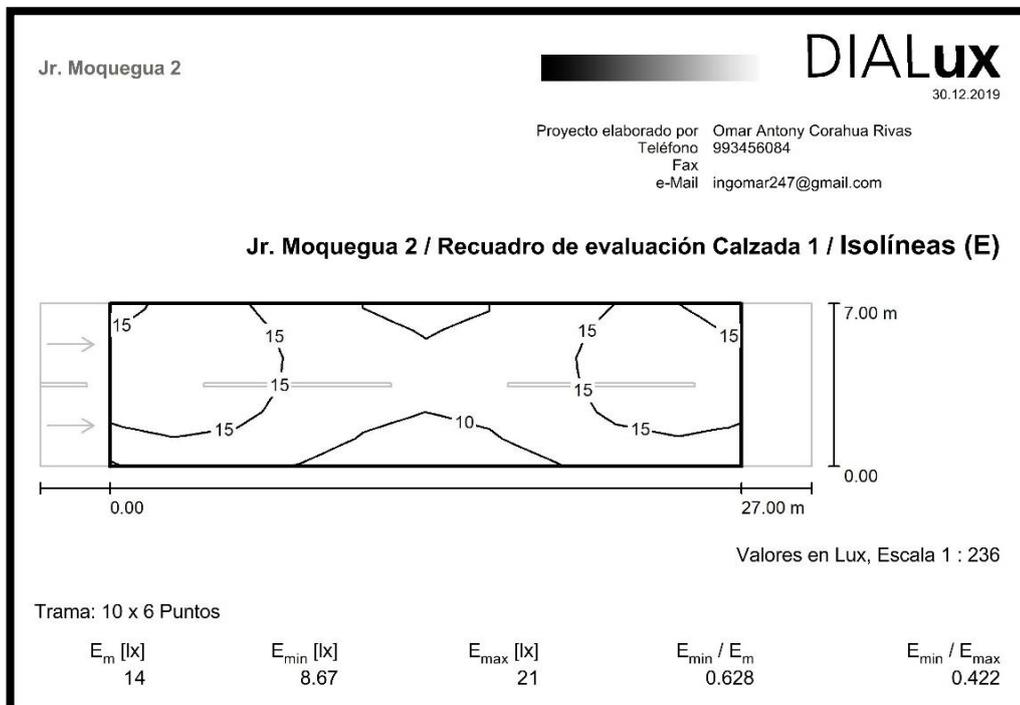
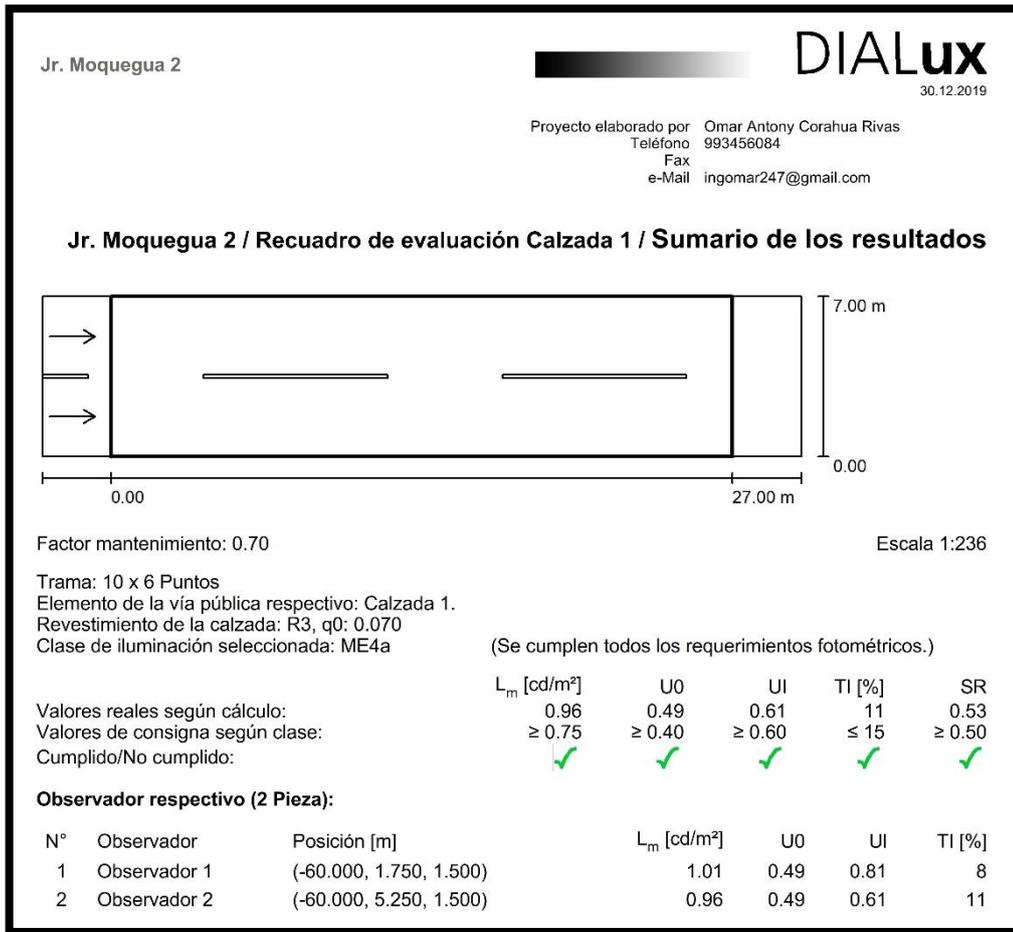
Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

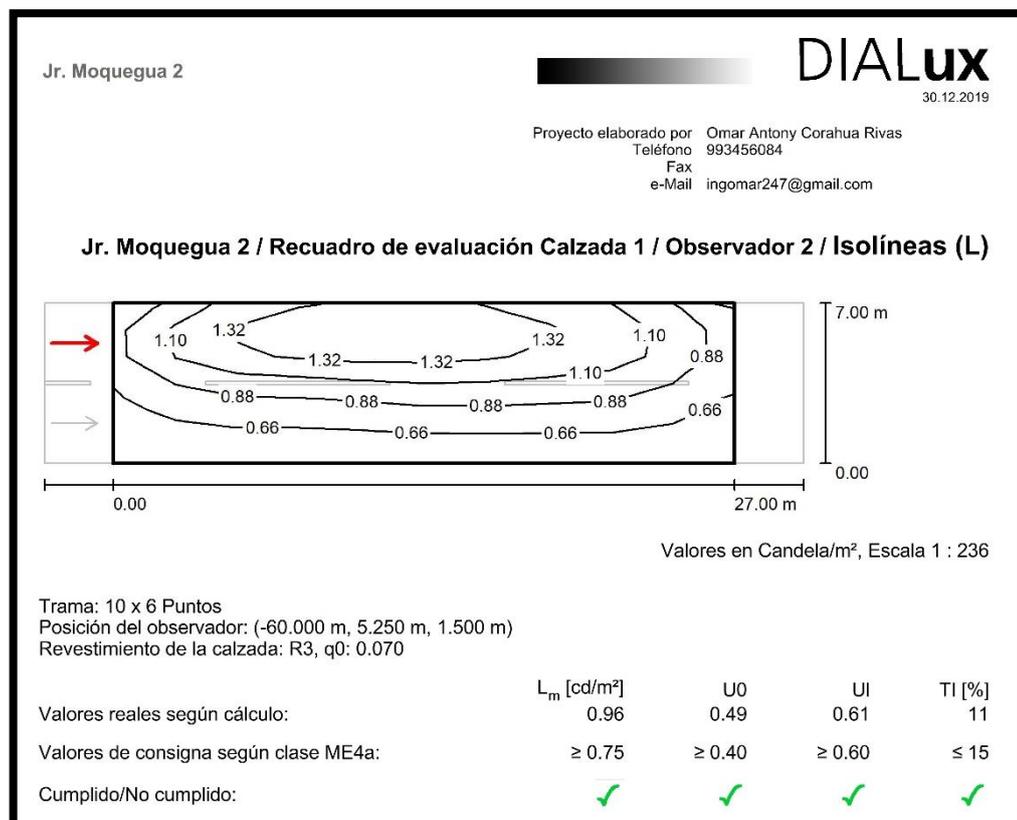
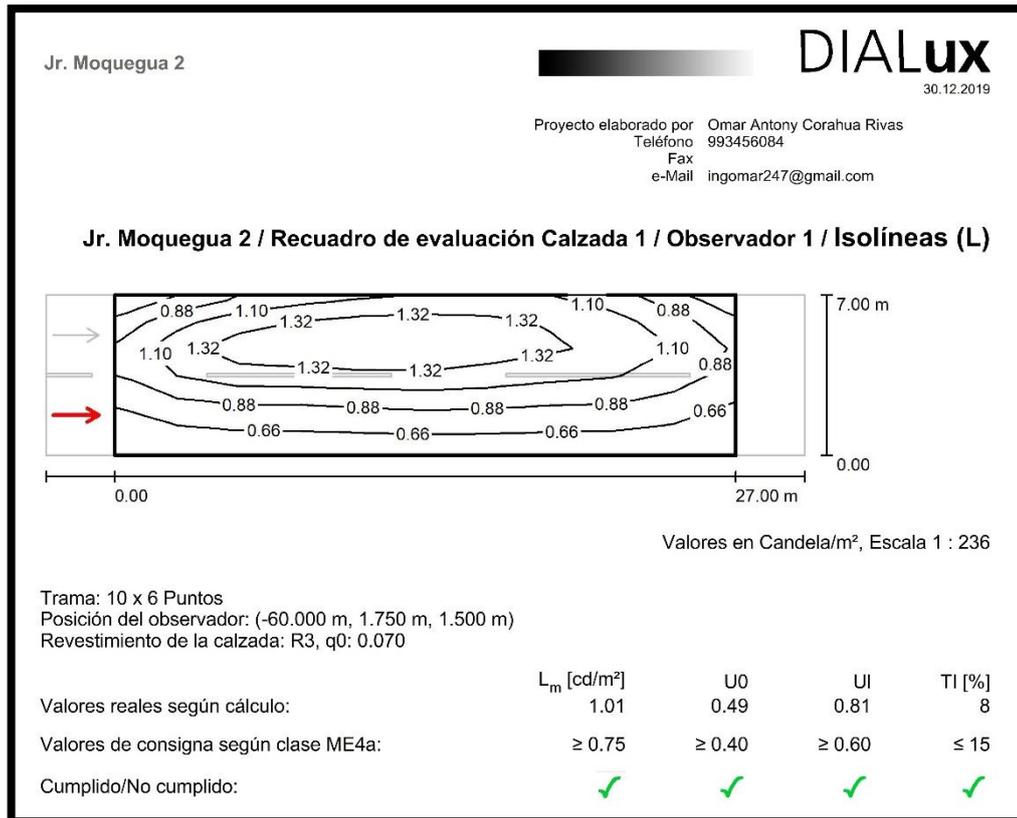
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

<p>Luminaria: CELSA MICROLED 55W                  Flujo luminoso (Luminaria): 6433 lm                  Flujo luminoso (Lámparas): 6432 lm                  Potencia de las luminarias: 54.8 W                  Organización: unilateral arriba                  Distancia entre mástiles: 27.000 m                  Altura de montaje (1): 8.100 m                  Altura del punto de luz: 8.007 m                  Saliente sobre la calzada (2): 1.009 m                  Inclinación del brazo (3): 5.0 °                  Longitud del brazo (4): 1.000 m</p>	<p>Valores máximos de la intensidad luminica                  con 70°: 547 cd/klm                  con 80°: 99 cd/klm                  con 90°: 6.74 cd/klm</p> <p>Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).</p> <p>Ninguna intensidad luminica por encima de 95°.                  La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.                  La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.</p>
---	--







**ANEXO 06: Simulación Jr. Tarapacá**

Jr. Tarapacá

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA MICROLED 55W / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 43 78 97 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Jr. Tarapacá

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Tarapacá / Datos de planificación**

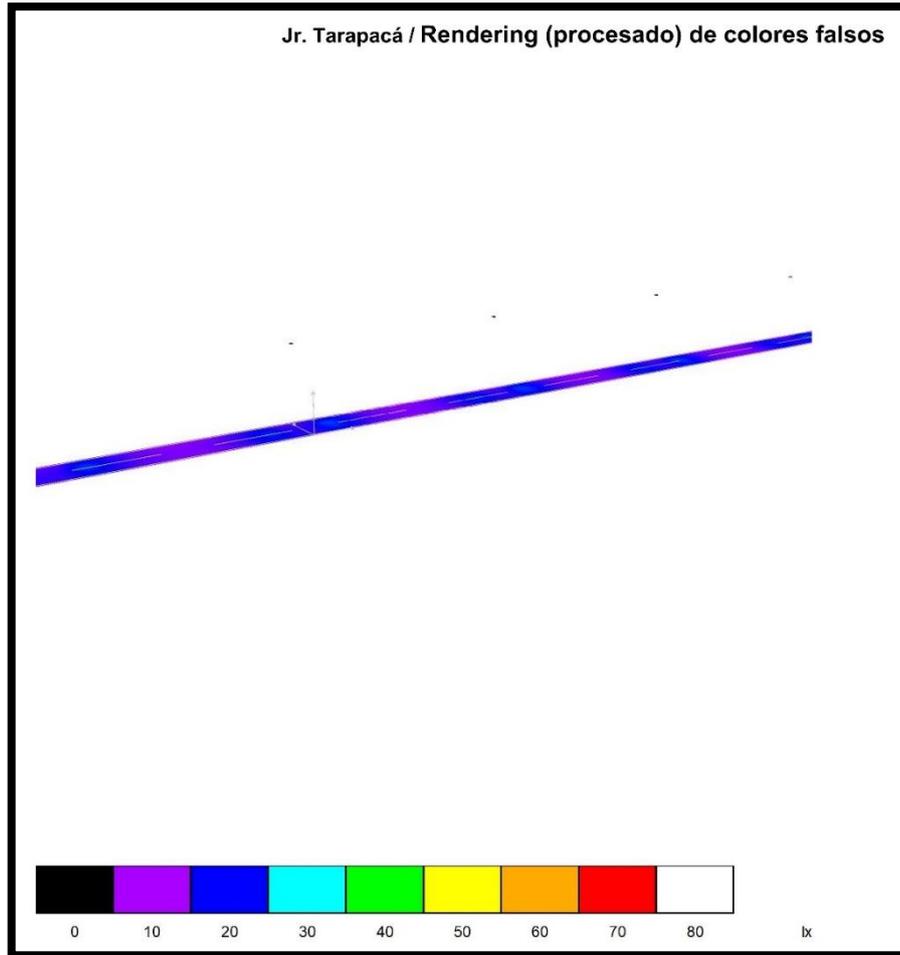
**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

Luminaria:	CELSA MICROLED 55W	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm	con 70°: 547 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm	con 80°: 99 cd/klm
Potencia de las luminarias:	54.8 W	con 90°: 6.74 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	24.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura de montaje (1):	8.100 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura del punto de luz:	8.007 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	



Jr. Tarapacá

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Tarapacá / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

5.00 m

0.00

0.00 24.00 m

Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:215

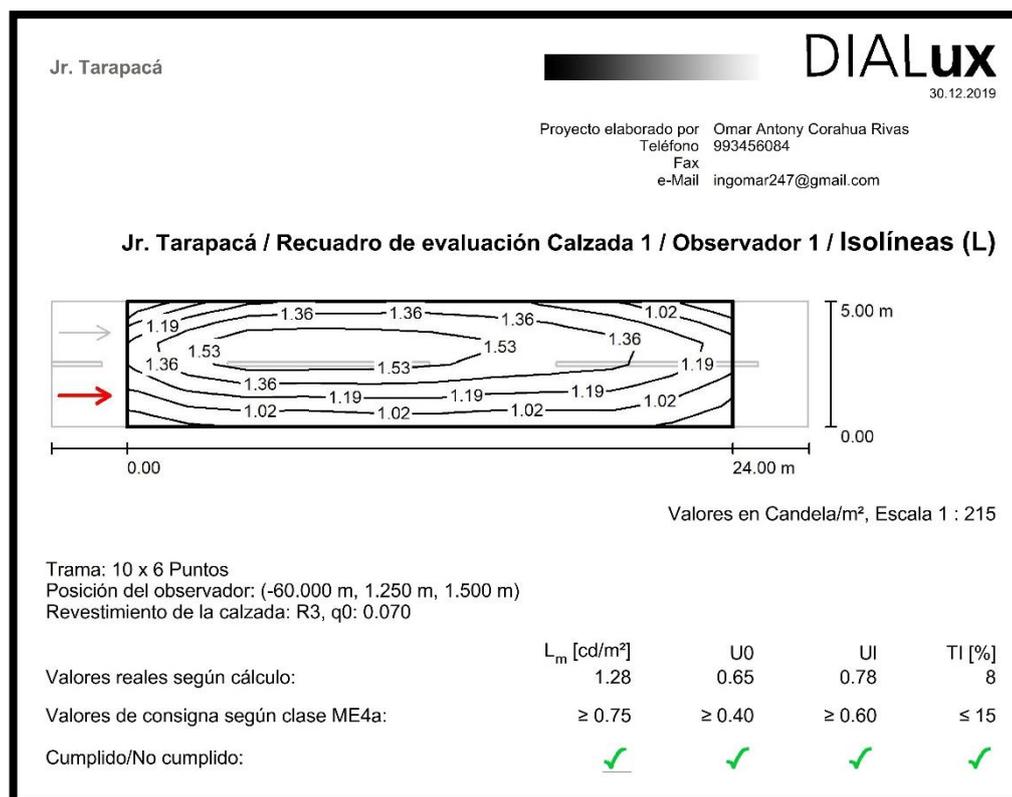
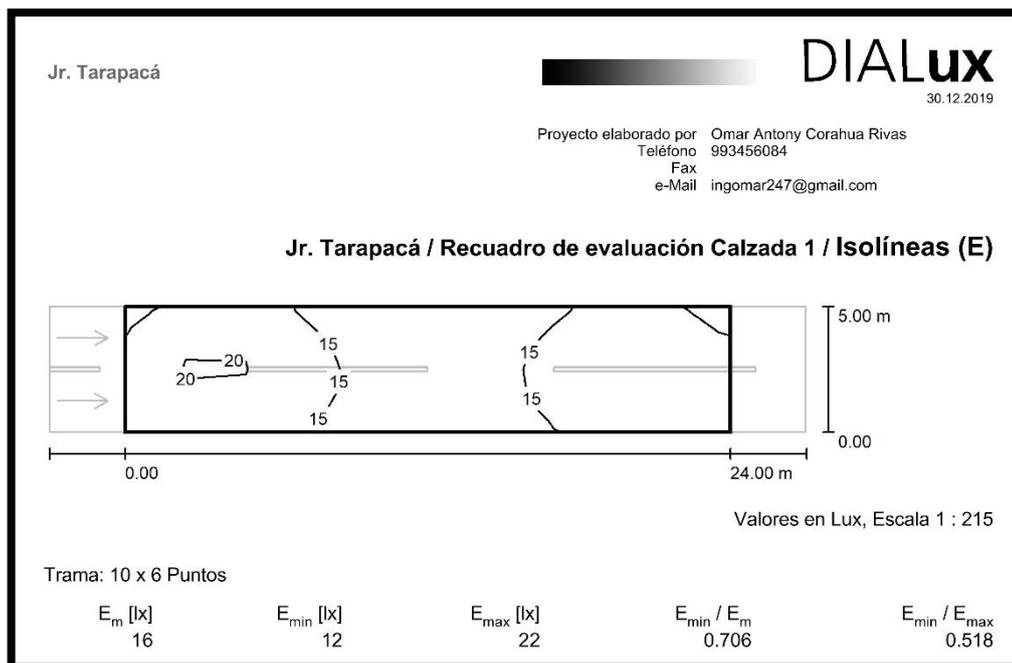
Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

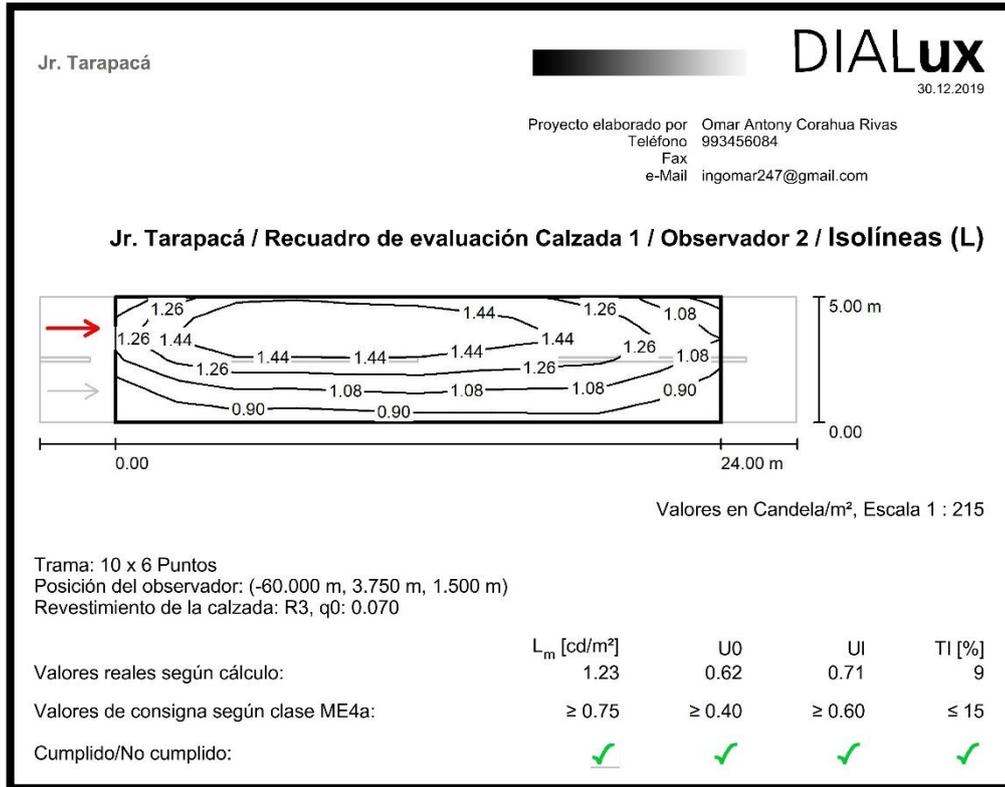
(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.23	0.62	0.71	9	0.72
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✓

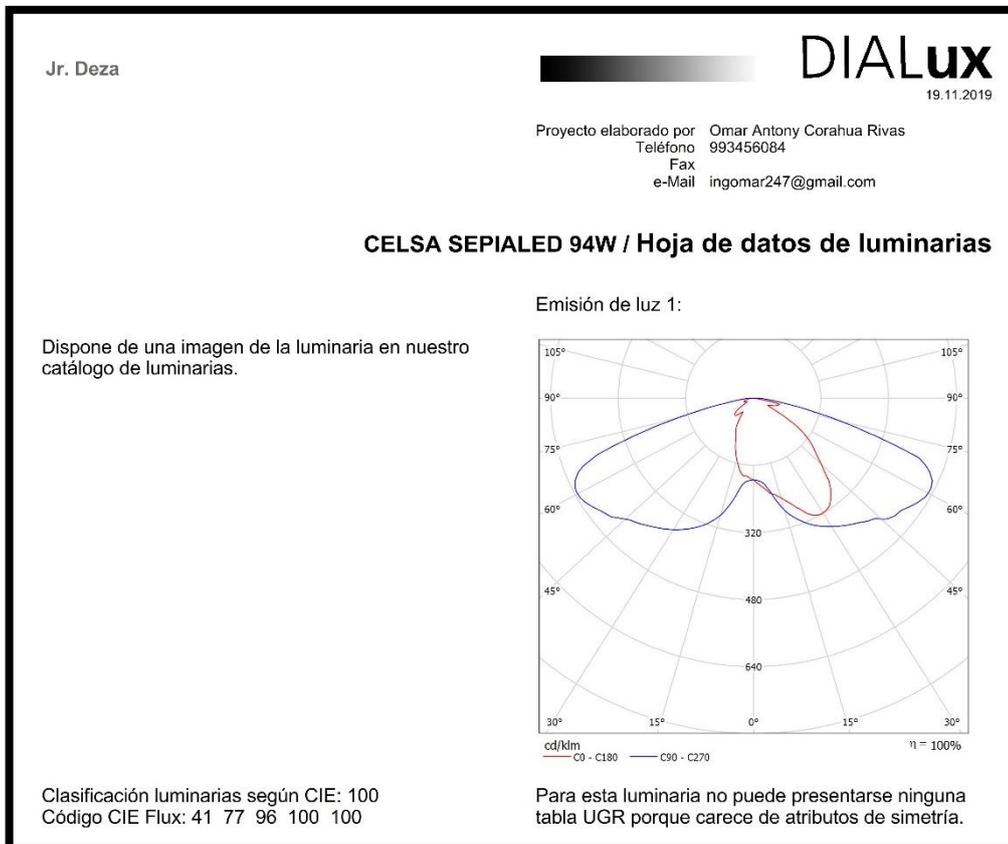
**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.250, 1.500)	1.28	0.65	0.78	8
2	Observador 2	(-60.000, 3.750, 1.500)	1.23	0.62	0.71	9





**ANEXO 07: Simulación Jr. Deza**



Jr. Deza

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

### Jr. Deza / Datos de planificación

**Perfil de la vía pública**

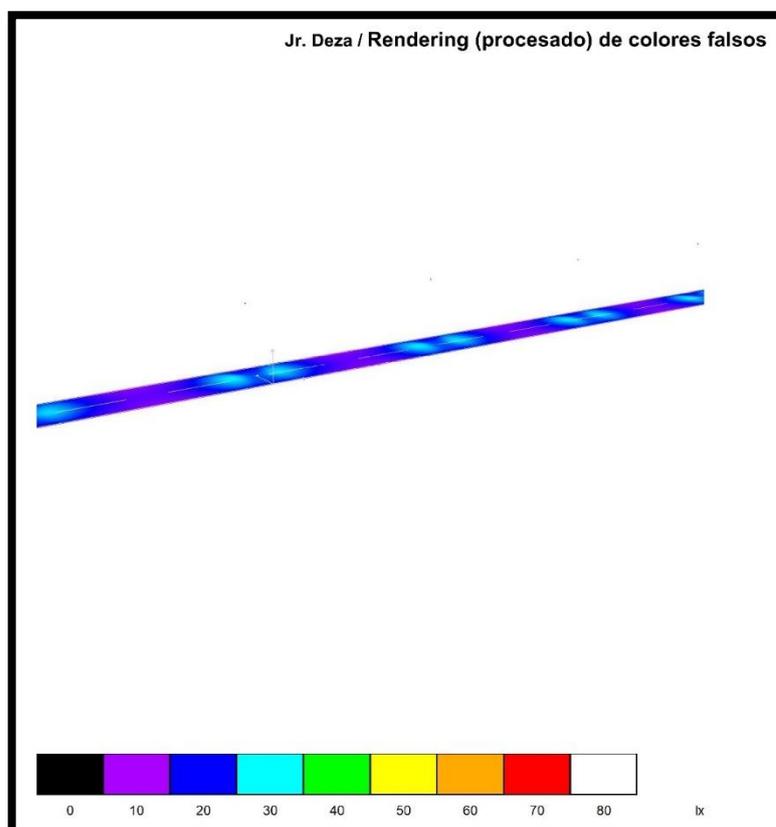
Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

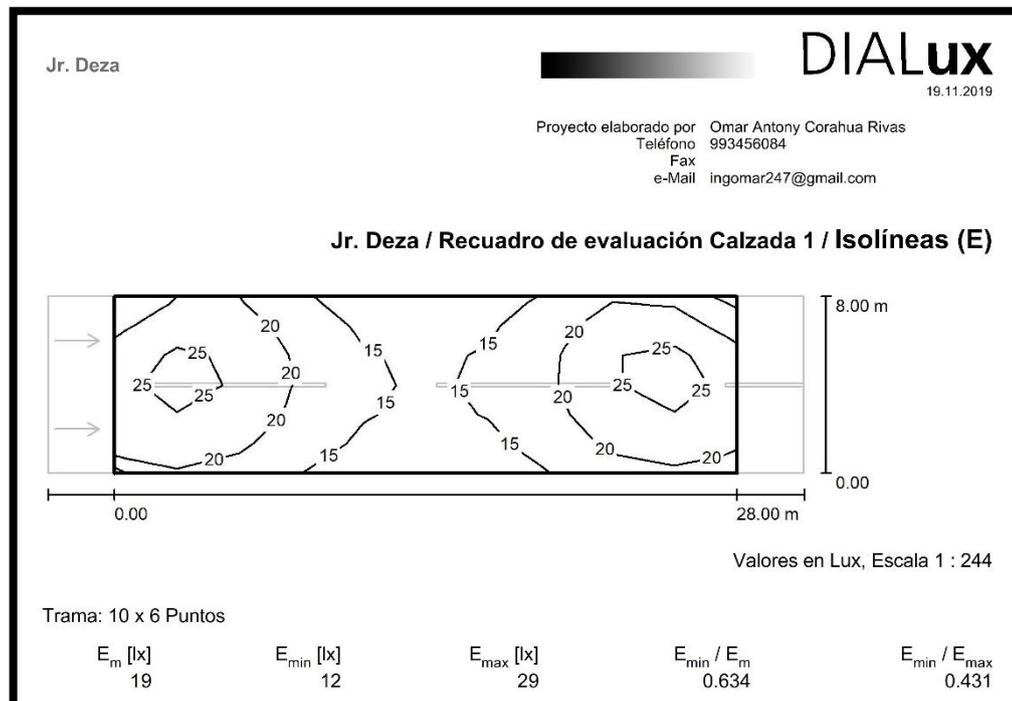
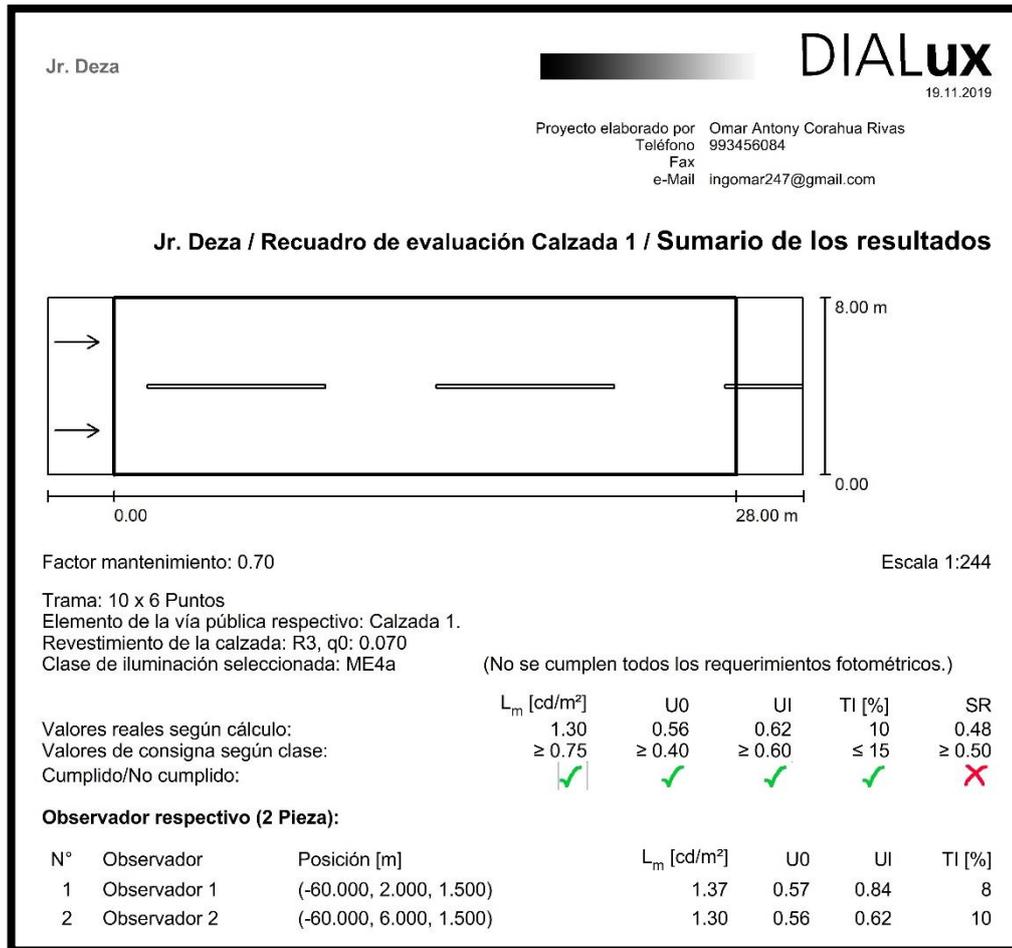
Factor mantenimiento: 0.70

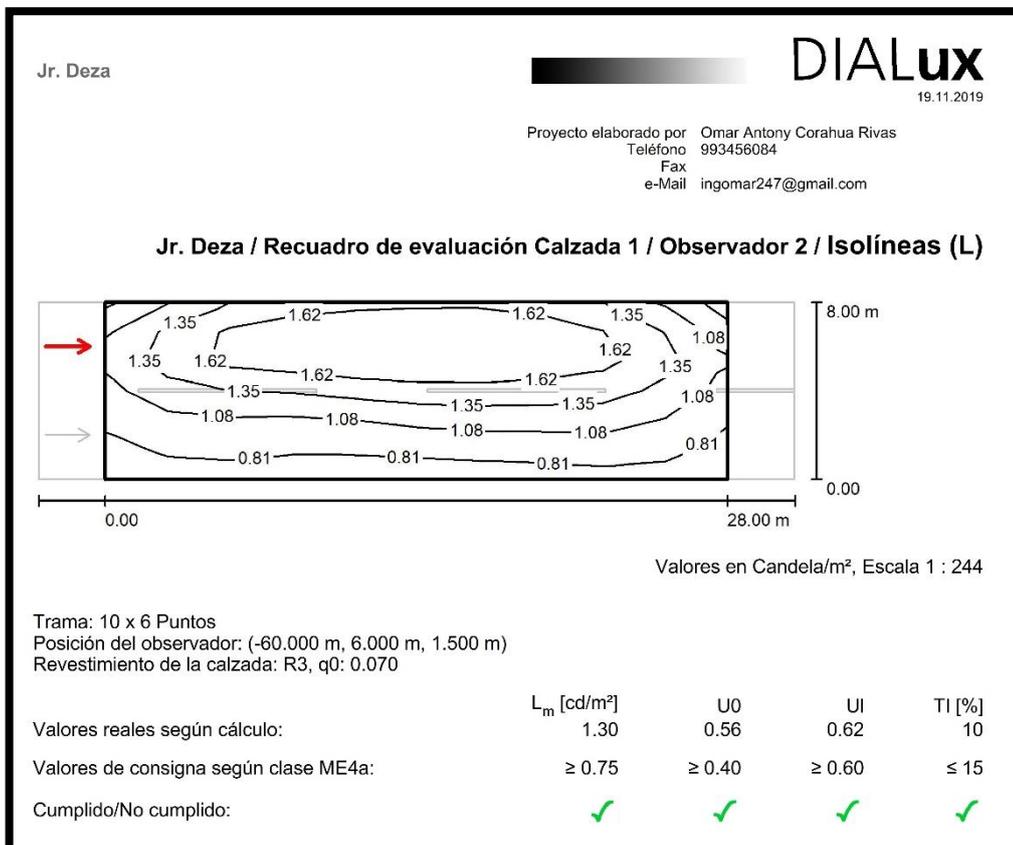
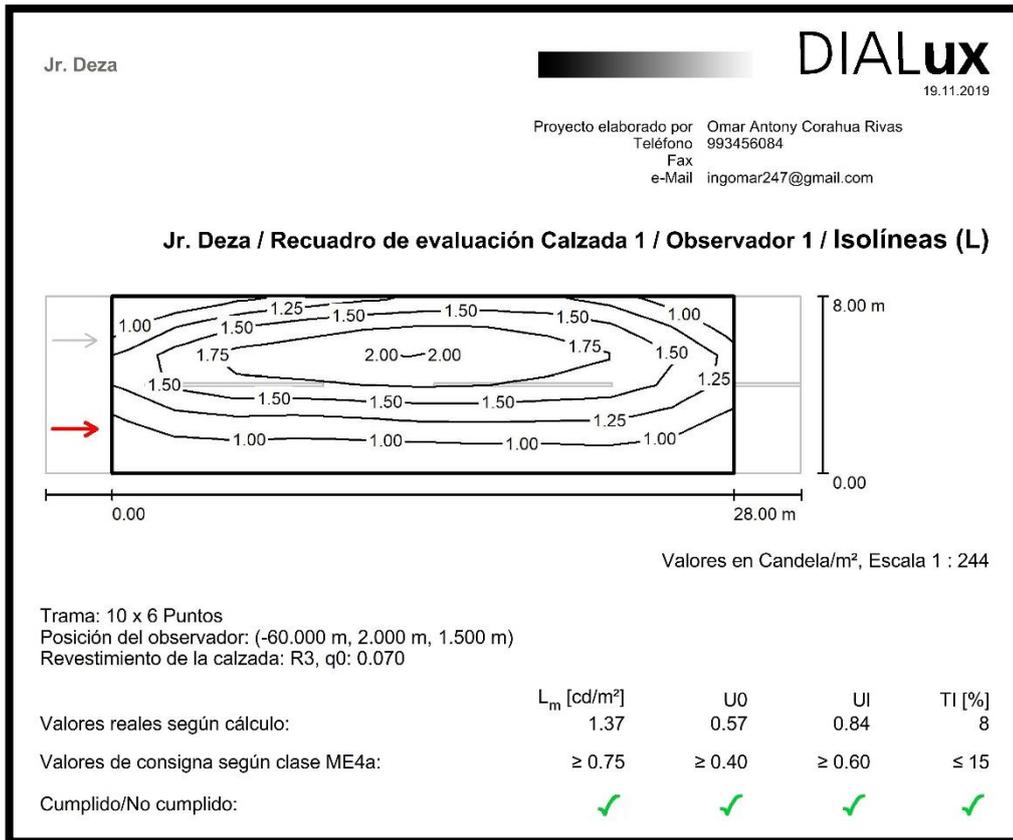
**Disposiciones de las luminarias**

0.00                      28.00 m

Luminaria:	CELSA SEPIALED 94W	
Flujo luminoso (Luminaria):	10714 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 480 cd/klm con 80°: 124 cd/klm con 90°: 19 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	10729 lm	
Potencia de las luminarias:	94.0 W	
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.
Distancia entre mástiles:	28.000 m	
Altura de montaje (1):	8.600 m	
Altura del punto de luz:	8.500 m	
Saliente sobre la calzada (2):	1.509 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.500 m	







**ANEXO 08: Simulación Jr. Pardo**

Jr. Pardo

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA SEPIALED II 140W / Hoja de datos de luminarias**

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 41 77 96 100 100

Emisión de luz 1:

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Jr. Pardo

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Pardo / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

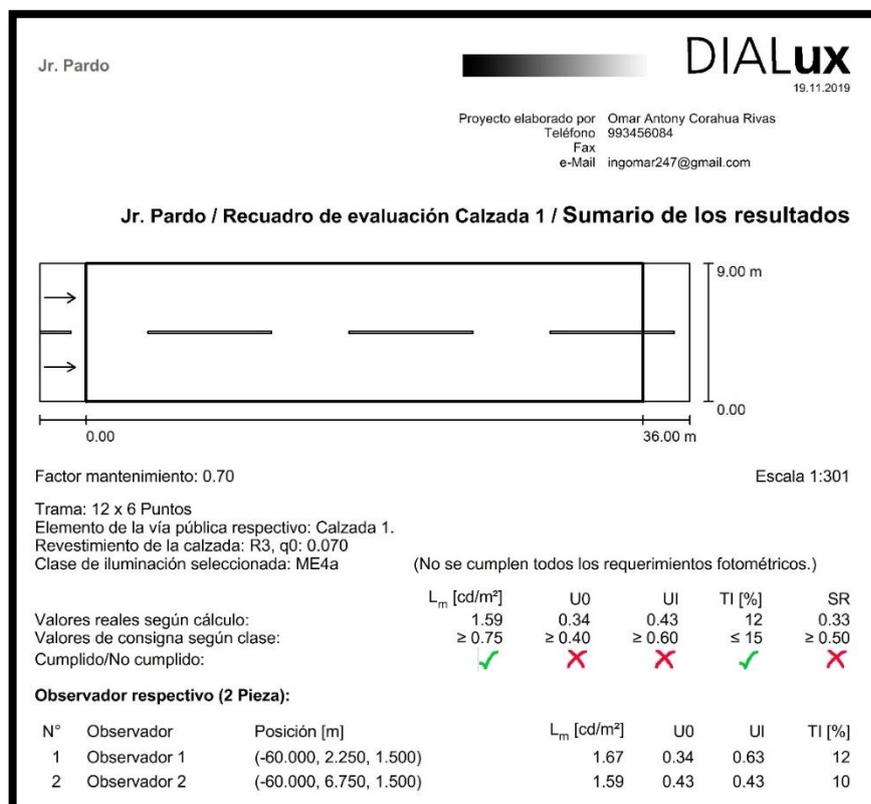
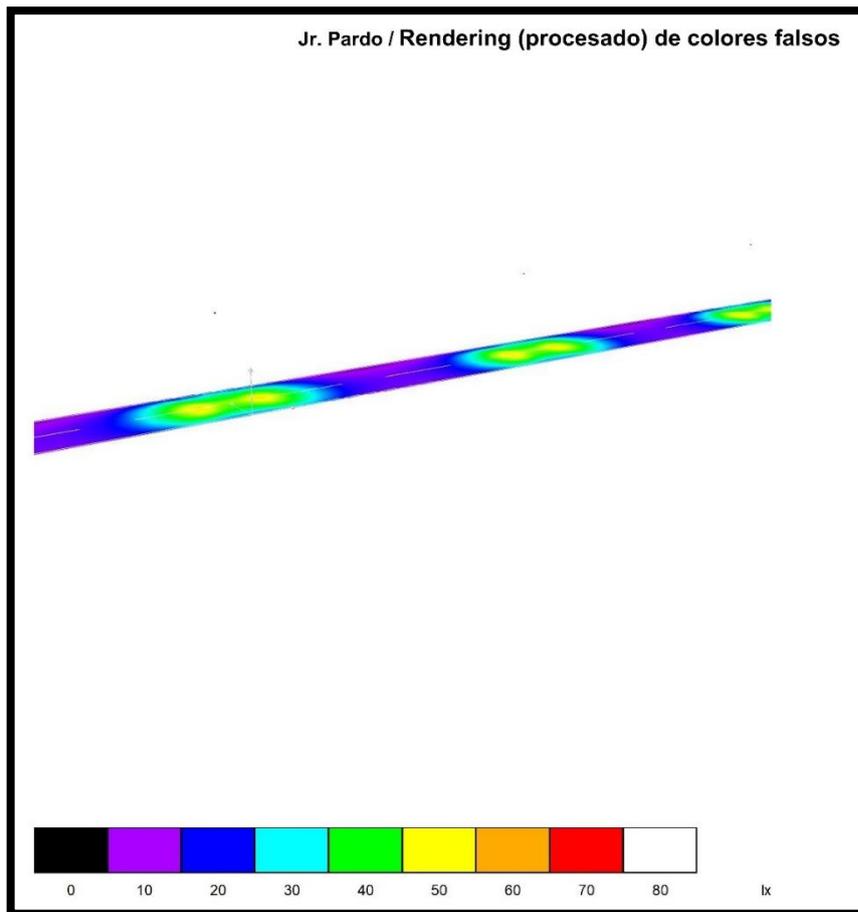
Factor mantenimiento: 0.70

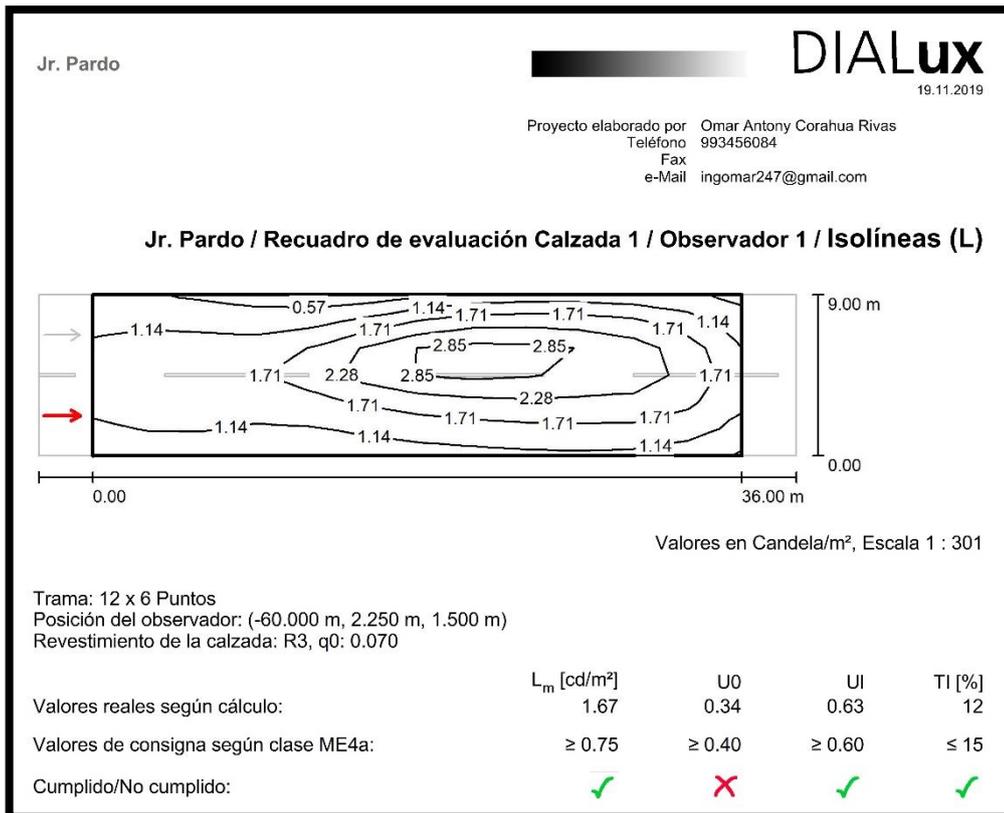
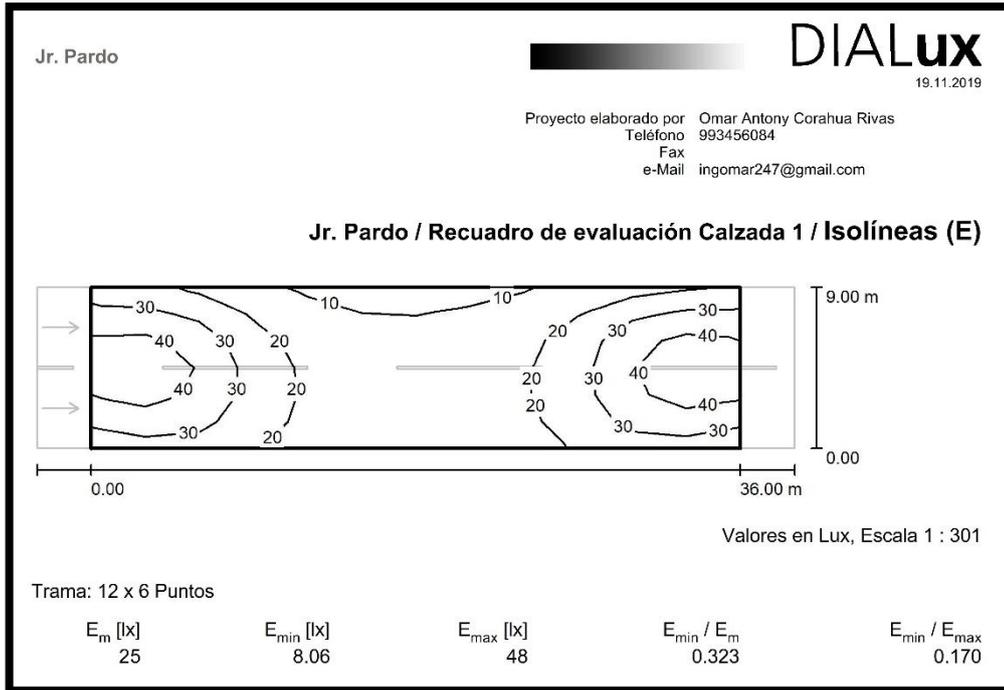
**Disposiciones de las luminarias**

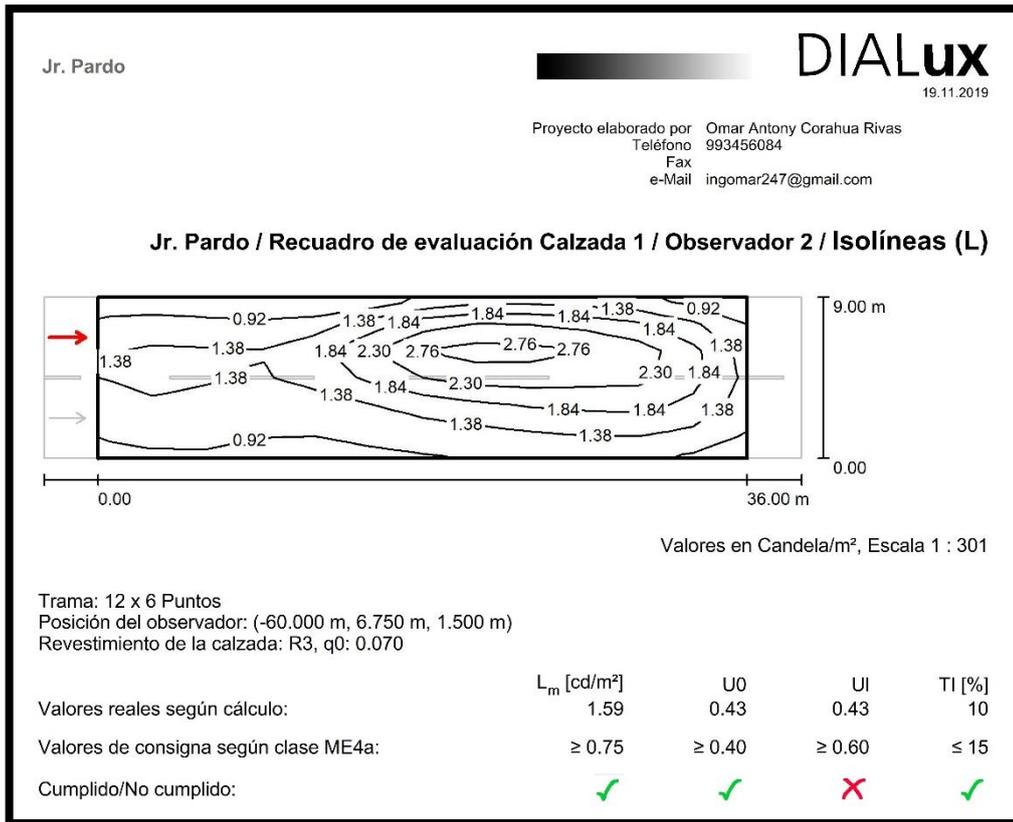
0.00 36.00 m

(1) (2) (3) (4)

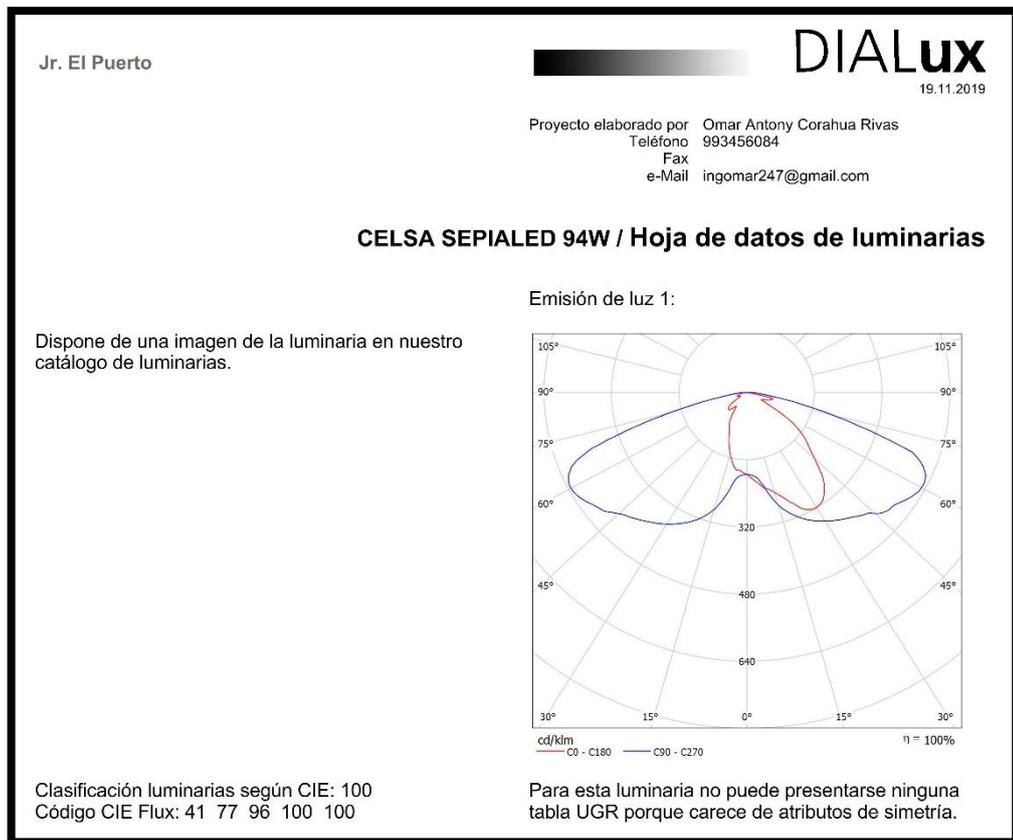
Luminaria:	CELSA SEPIALED II 140W	
Flujo luminoso (Luminaria):	17057 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	17056 lm	con 70°: 589 cd/klm
Potencia de las luminarias:	140.4 W	con 80°: 154 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	con 90°: 17 cd/klm
Distancia entre mástiles:	36.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	8.100 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura del punto de luz:	8.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.
Saliente sobre la calzada (2):	2.509 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	2.500 m	







**ANEXO 09: Simulación Jr. El Puerto**



Jr. El Puerto

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

### Jr. El Puerto / Datos de planificación

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 13.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

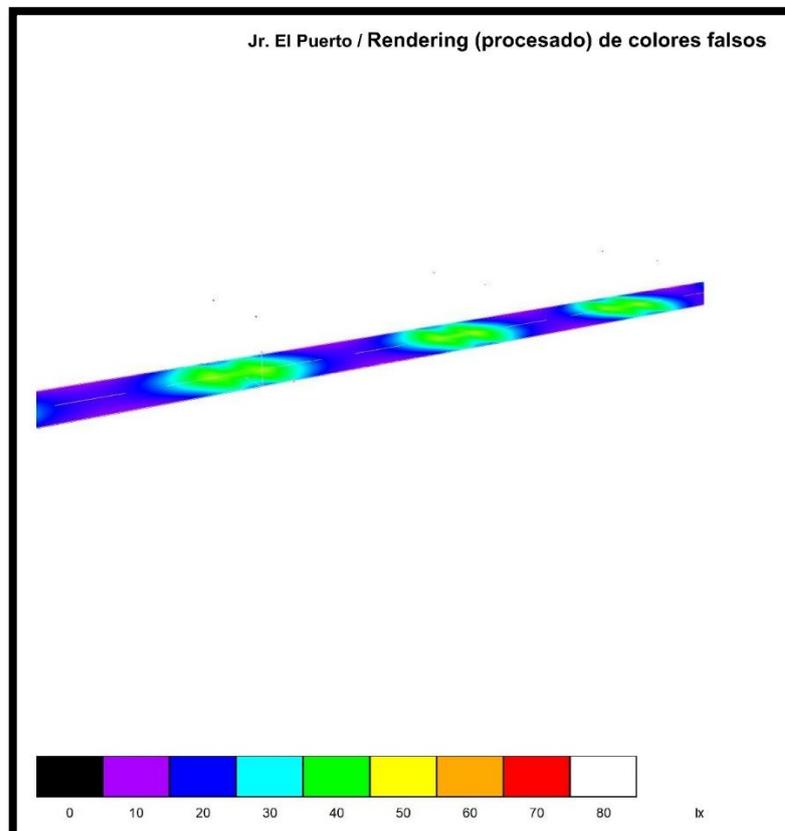
Factor mantenimiento: 0.70

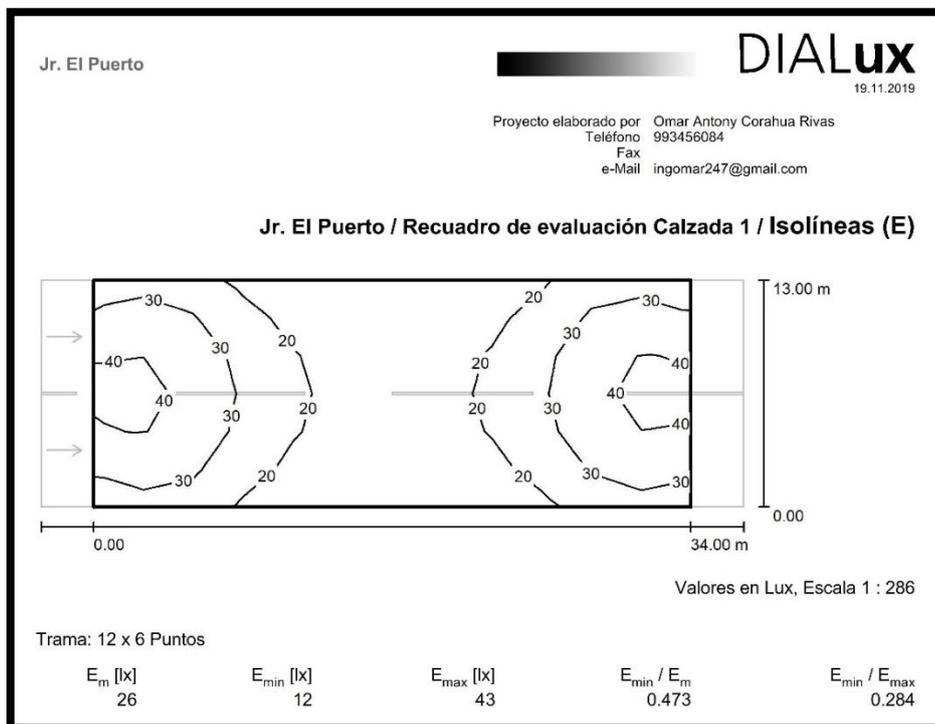
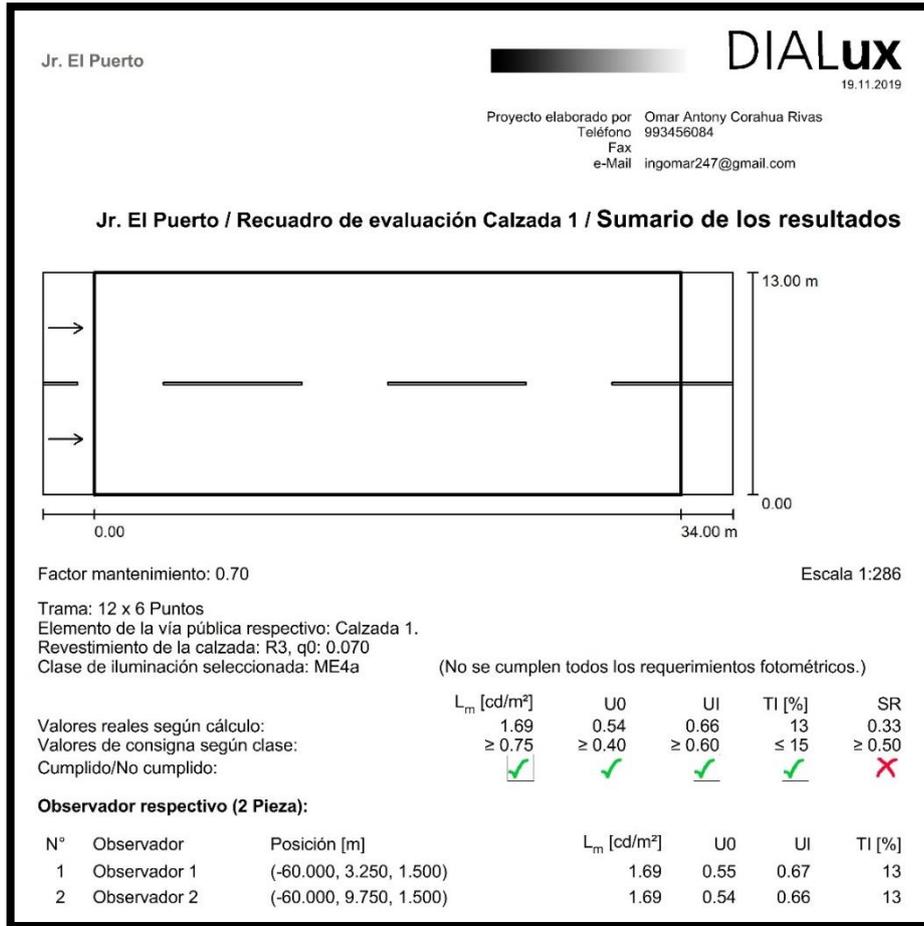
**Disposiciones de las luminarias**

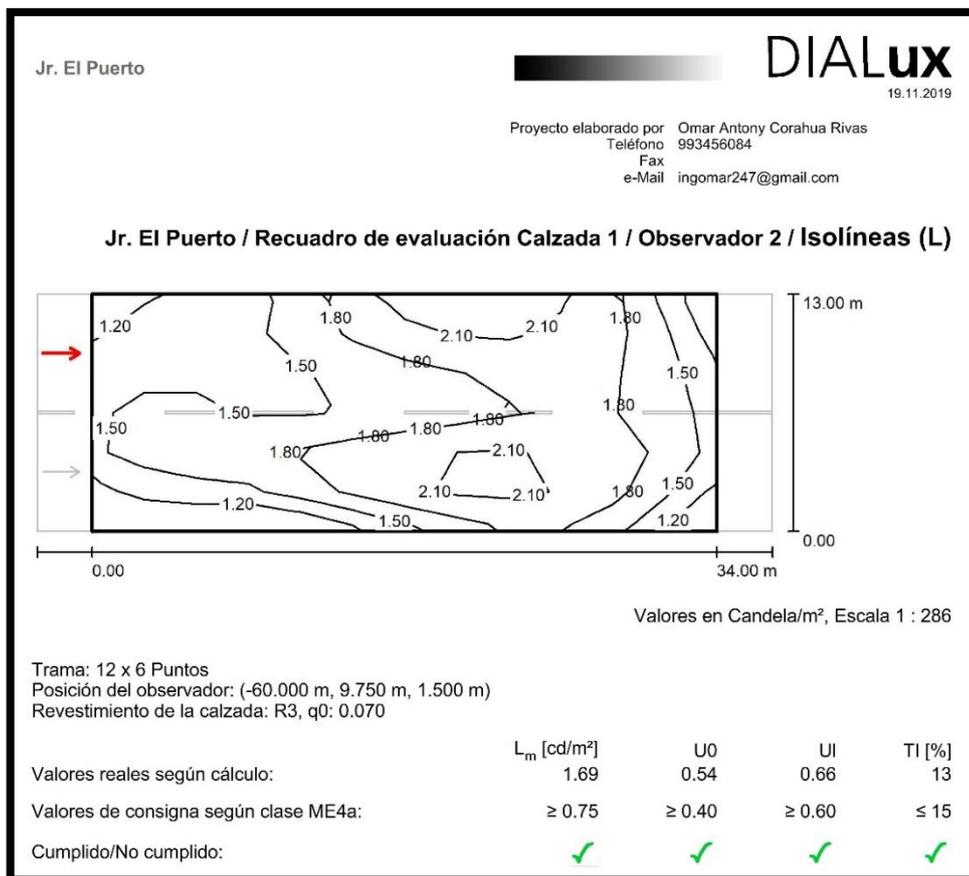
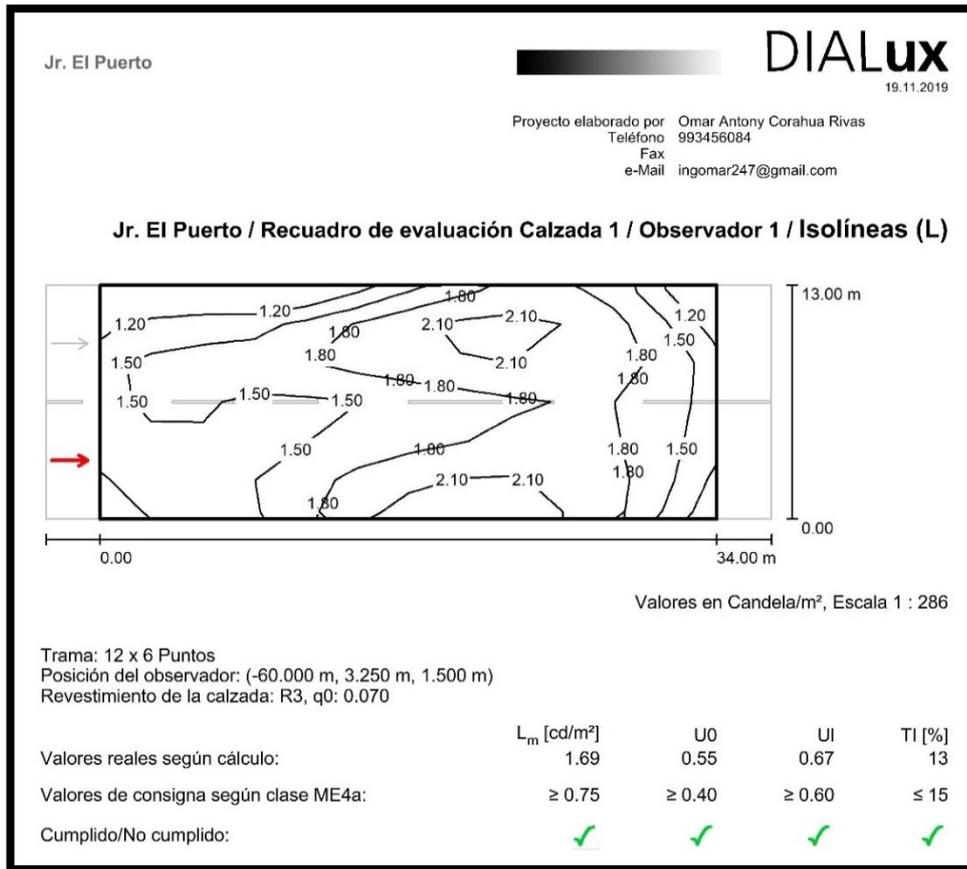
0.00 34.00 m 12.00 m 1.00

(1) (2) (3) (4)

<p>Luminaria: CELSA SEPIALED 94W                  Flujo luminoso (Luminaria): 10714 lm                  Flujo luminoso (Lámparas): 10729 lm                  Potencia de las luminarias: 94.0 W                  Organización: bilateral frente a frente                  Distancia entre mástiles: 34.000 m                  Altura de montaje (1): 8.100 m                  Altura del punto de luz: 8.000 m                  Saliente sobre la calzada (2): 1.009 m                  Inclinación del brazo (3): 5.0 °                  Longitud del brazo (4): 1.000 m</p>	<p>Valores máximos de la intensidad lumínica                  con 70°: 480 cd/klm                  con 80°: 124 cd/klm                  con 90°: 19 cd/klm</p> <p><small>Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).</small></p> <p>Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.                  La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.                  La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.</p>
---	--







Jr. El Puerto

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

### Jr. El Puerto / Datos de planificación

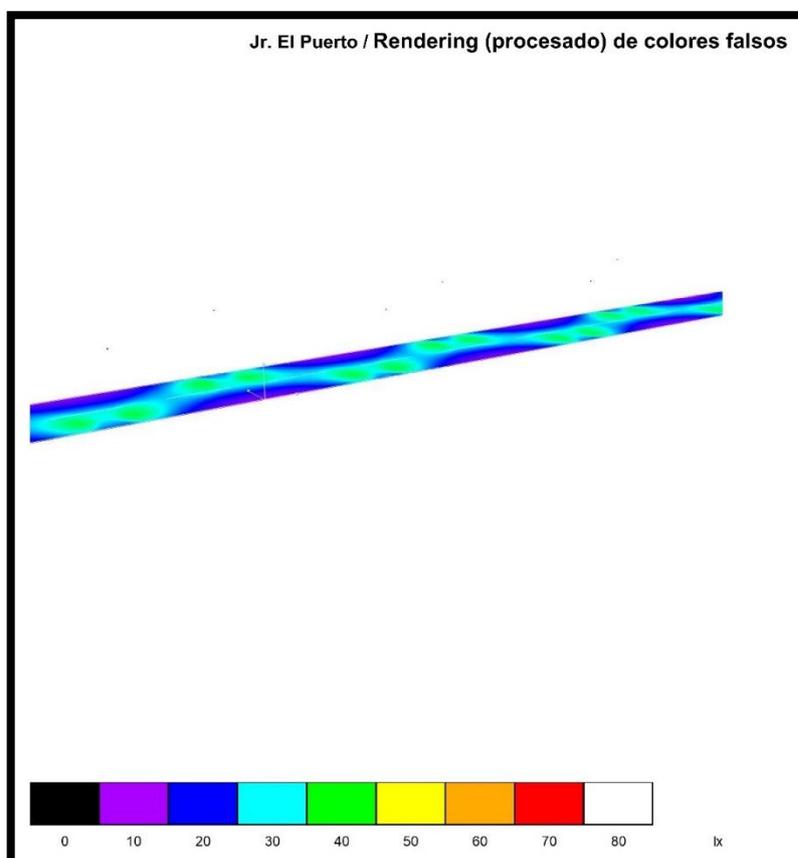
**Perfil de la vía pública**

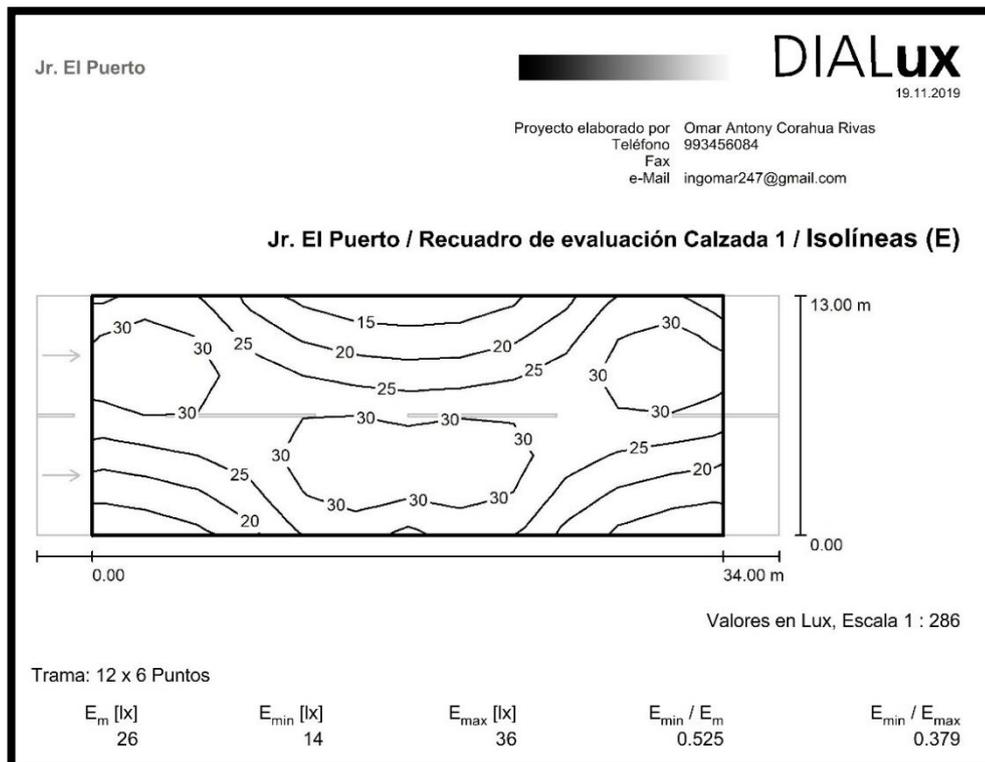
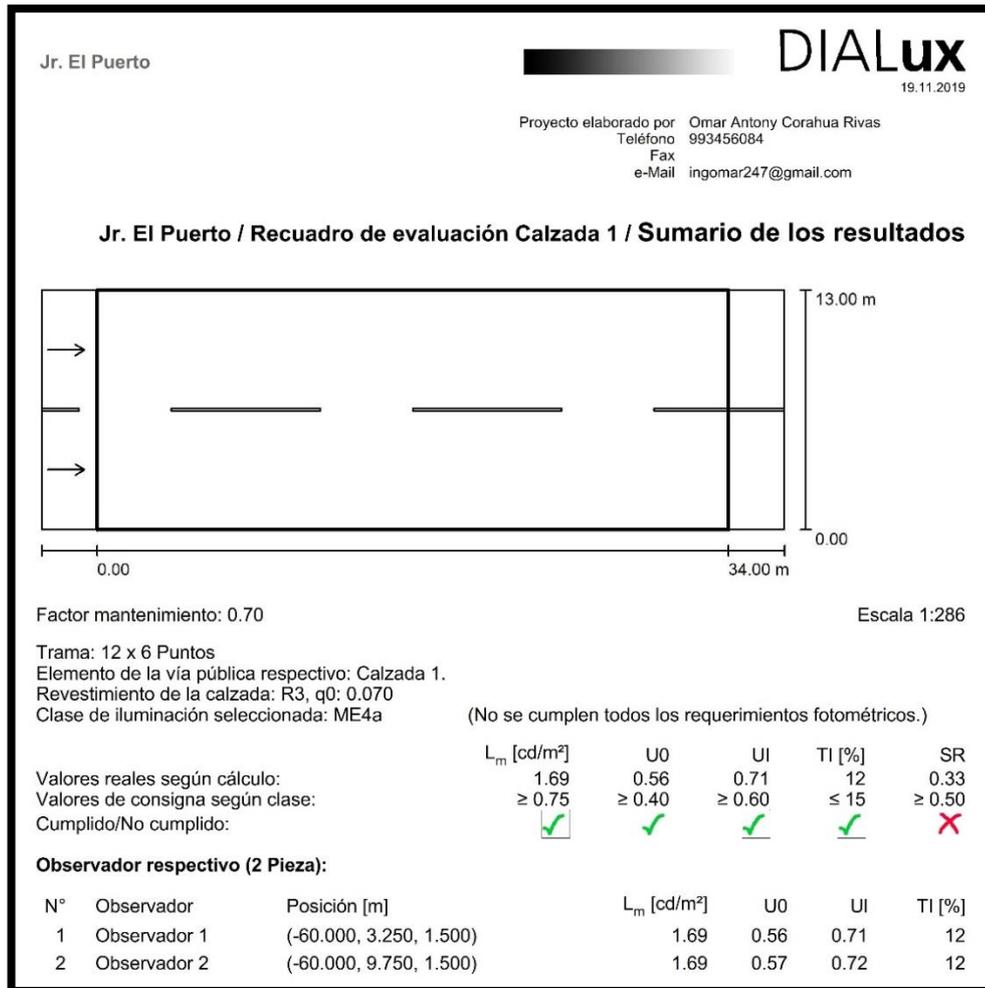
Calzada 1 (Anchura: 13.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

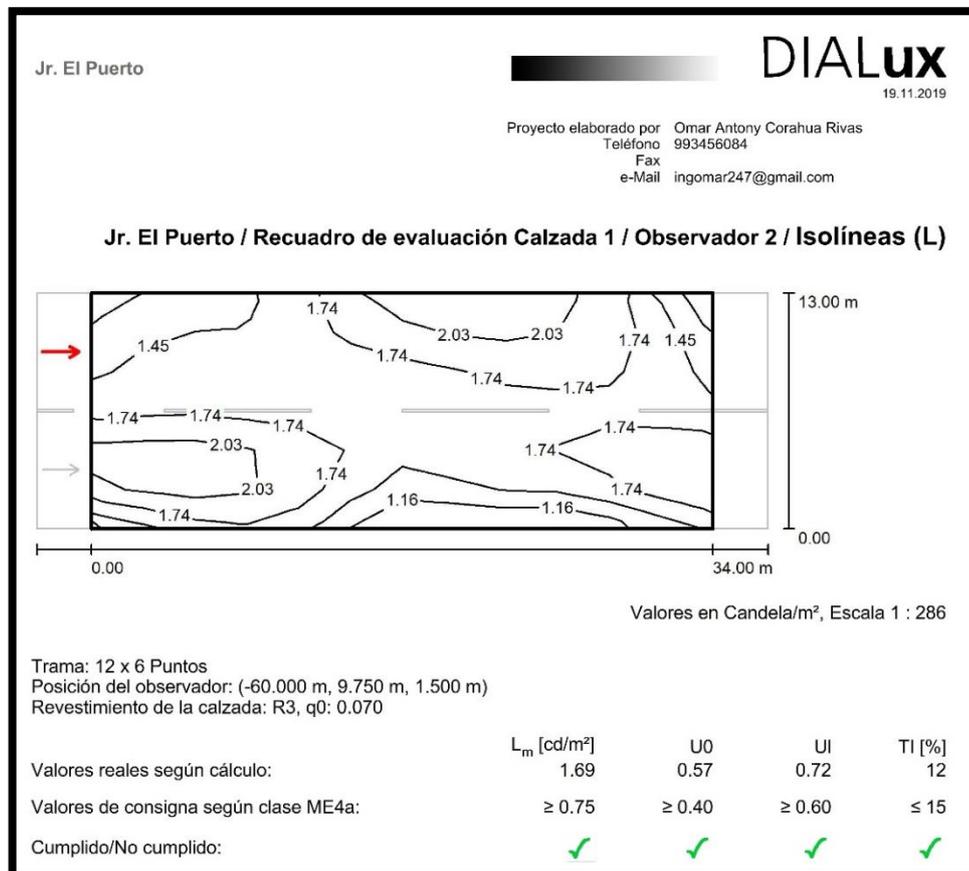
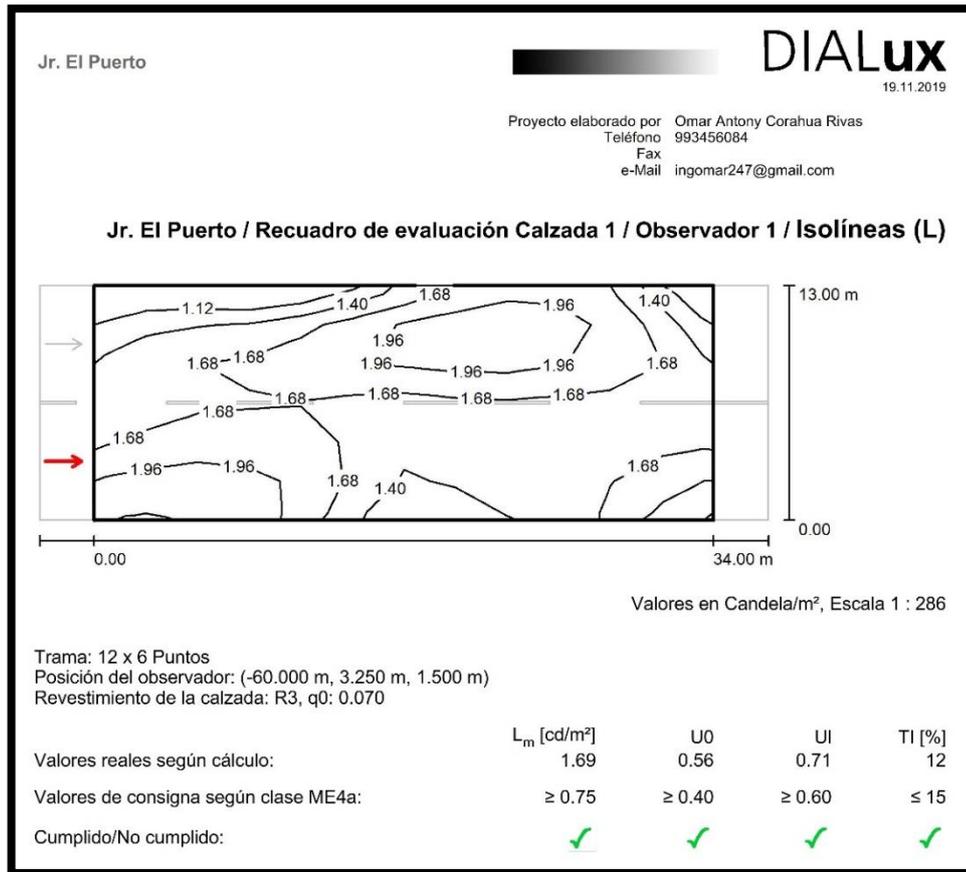
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

Luminaria:	CELSA SEPIALED 94W	Valores máximos de la intensidad luminica con 70°: 480 cd/klm con 80°: 124 cd/klm con 90°: 19 cd/klm Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales interiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). Ninguna intensidad luminica por encima de 95°. La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G2. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.
Flujo luminoso (Luminaria):	10714 lm	
Flujo luminoso (Lámparas):	10729 lm	
Potencia de las luminarias:	94.0 W	
Organización:	bilateral desplazado	
Distancia entre mástiles:	34.000 m	
Altura de montaje (1):	8.100 m	
Altura del punto de luz:	8.000 m	
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	







**ANEXO 10: Simulación Jr. Andahuaylas**

Jr. Andahuaylas

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA MICROLED 55W / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 43 78 97 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Jr. Andahuaylas

30.12.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Andahuaylas / Datos de planificación**

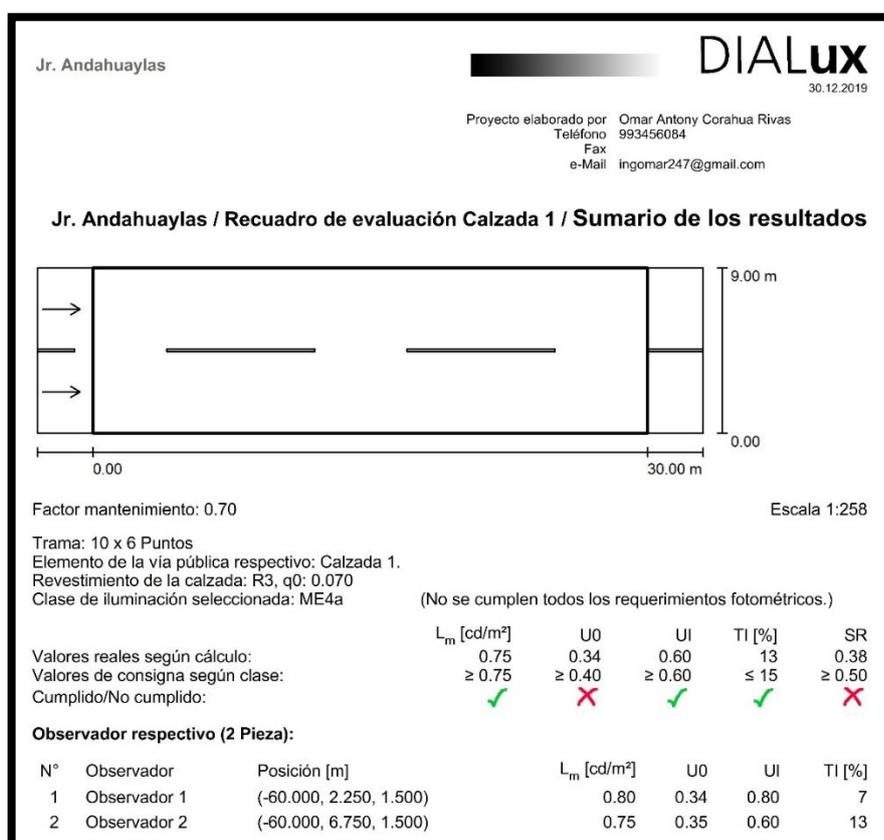
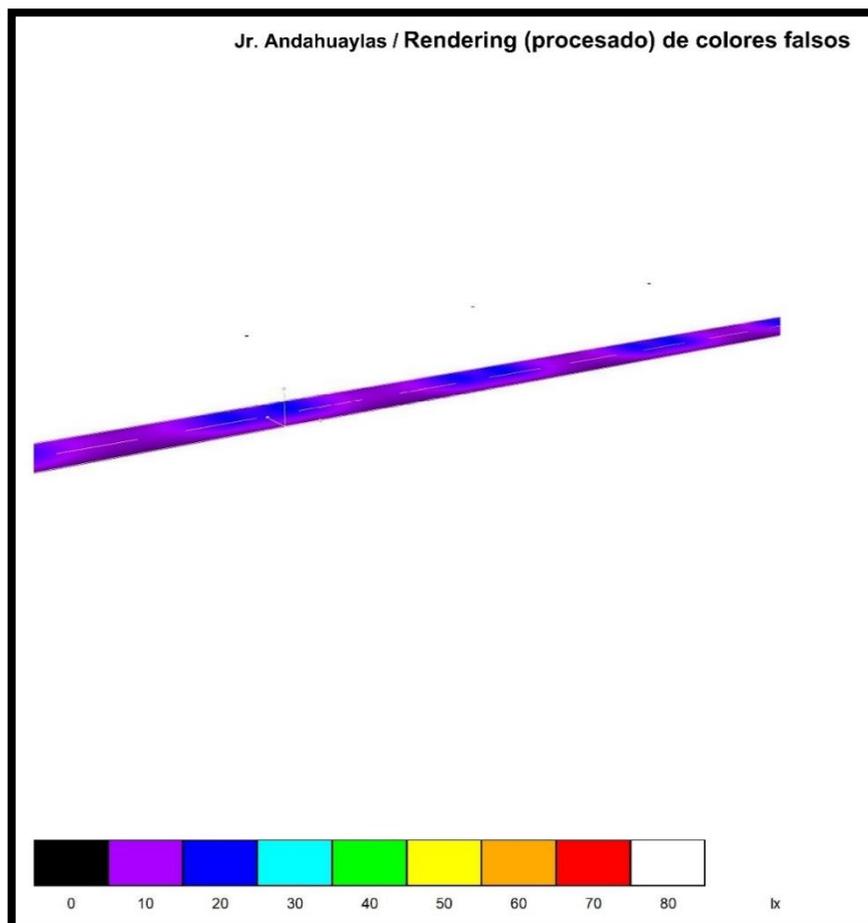
**Perfil de la vía pública**

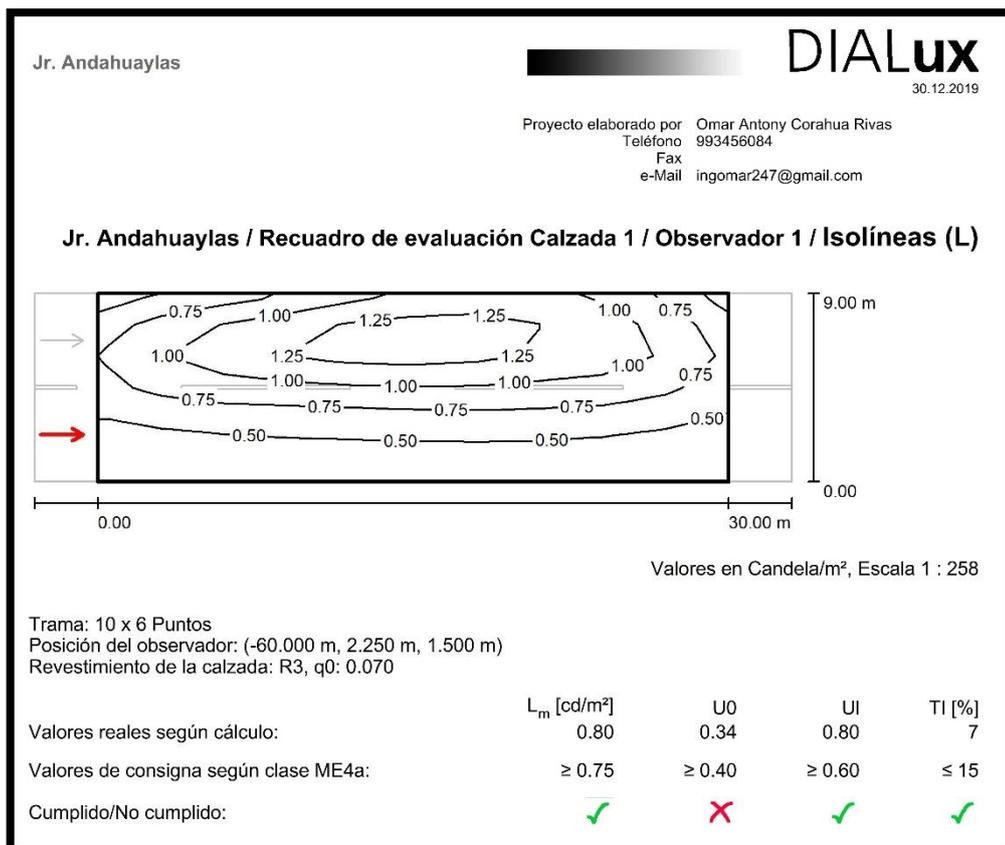
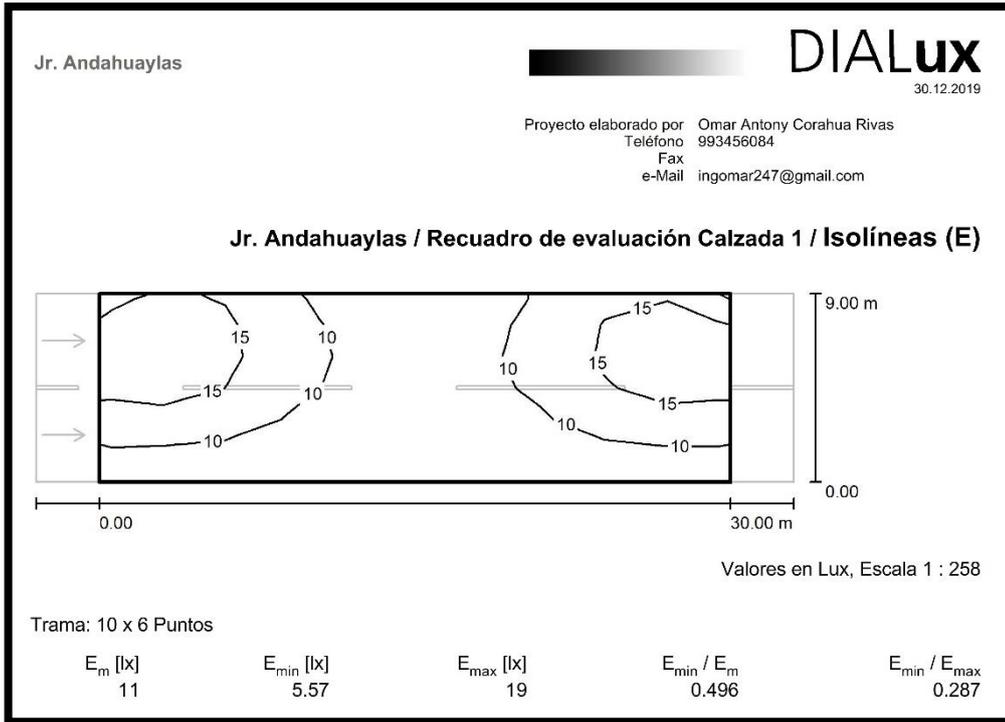
Calzada 1 (Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

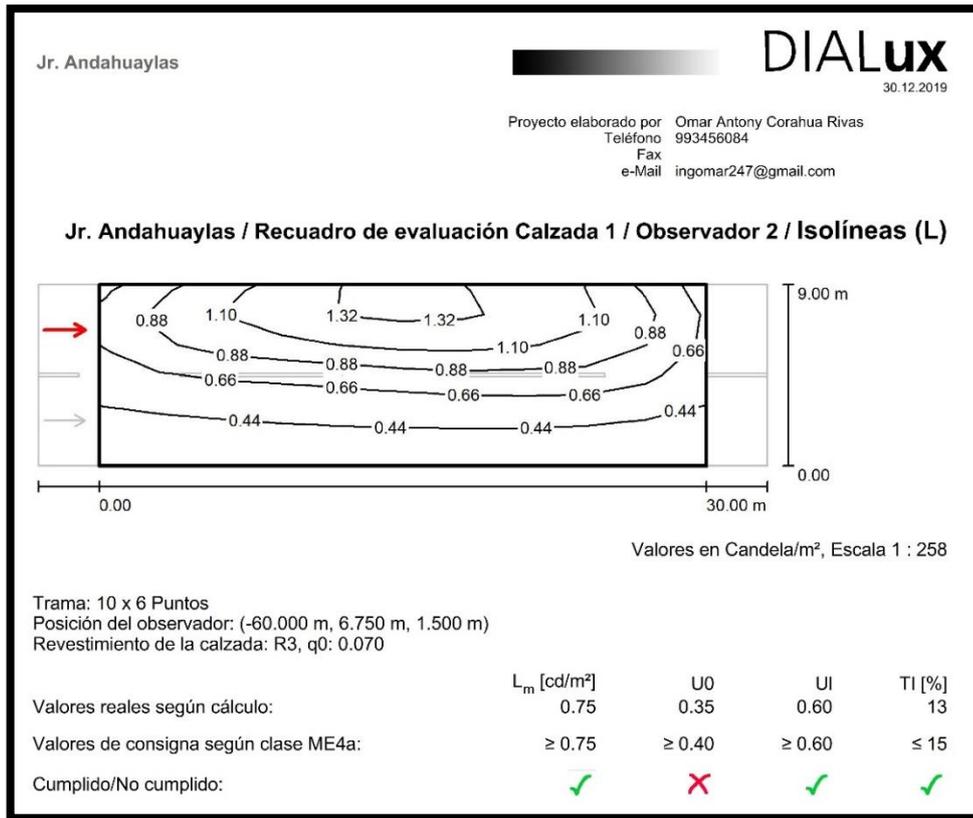
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

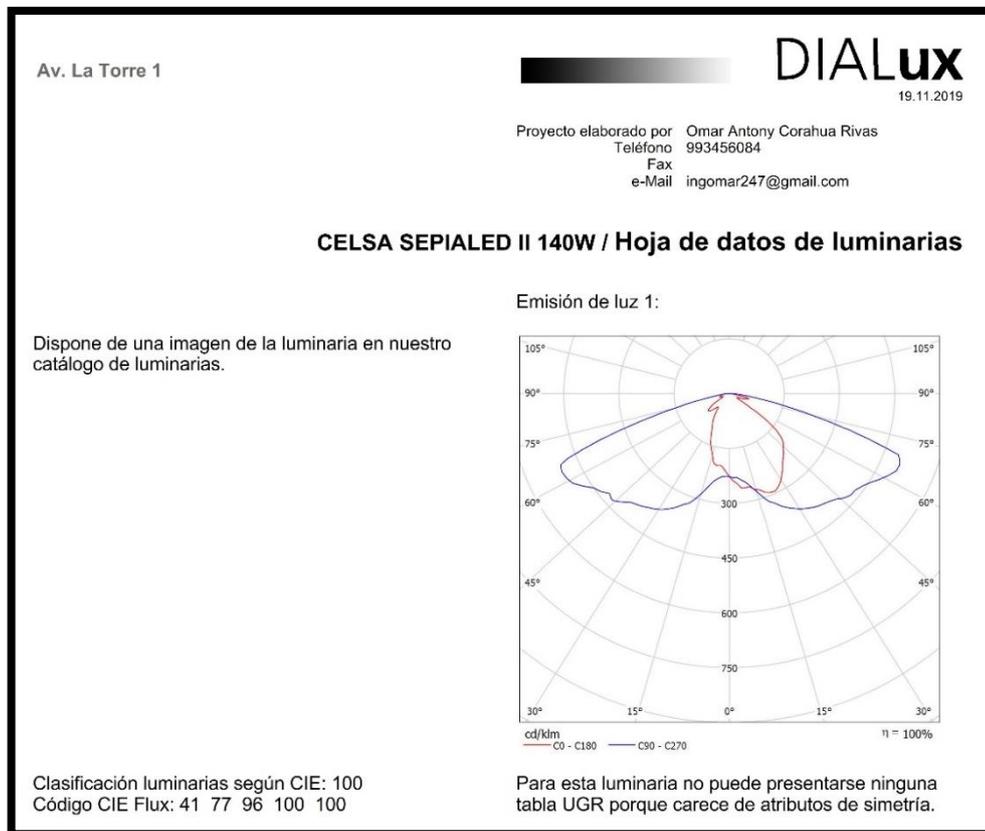
Luminaria:	CELSA MICROLED 55W	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	6433 lm	con 70°: 547 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	6432 lm	con 80°: 99 cd/klm
Potencia de las luminarias:	54.8 W	con 90°: 6.74 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	30.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura de montaje (1):	8.100 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura del punto de luz:	8.007 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.
Saliente sobre la calzada (2):	1.009 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	1.000 m	







**ANEXO 11: Simulación Av. La Torre**



Av. La Torre 1

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

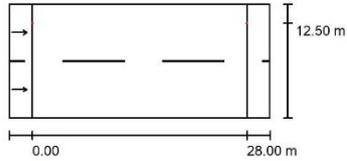
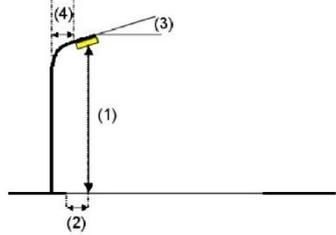
### Av. La Torre 1 / Datos de planificación

**Perfil de la vía pública**

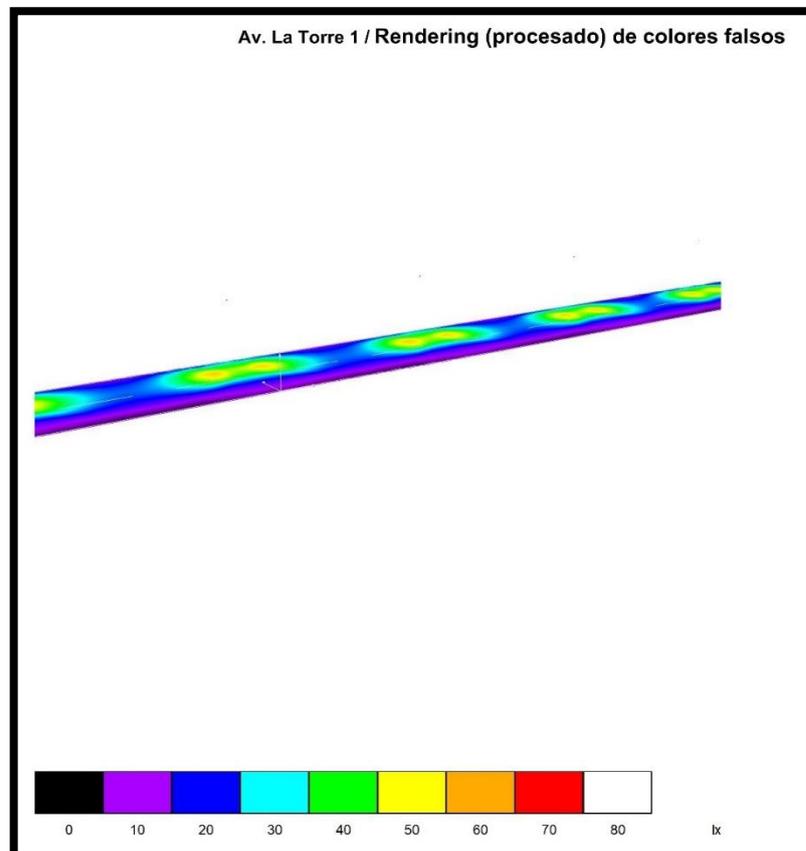
Calzada 1 (Anchura: 15.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

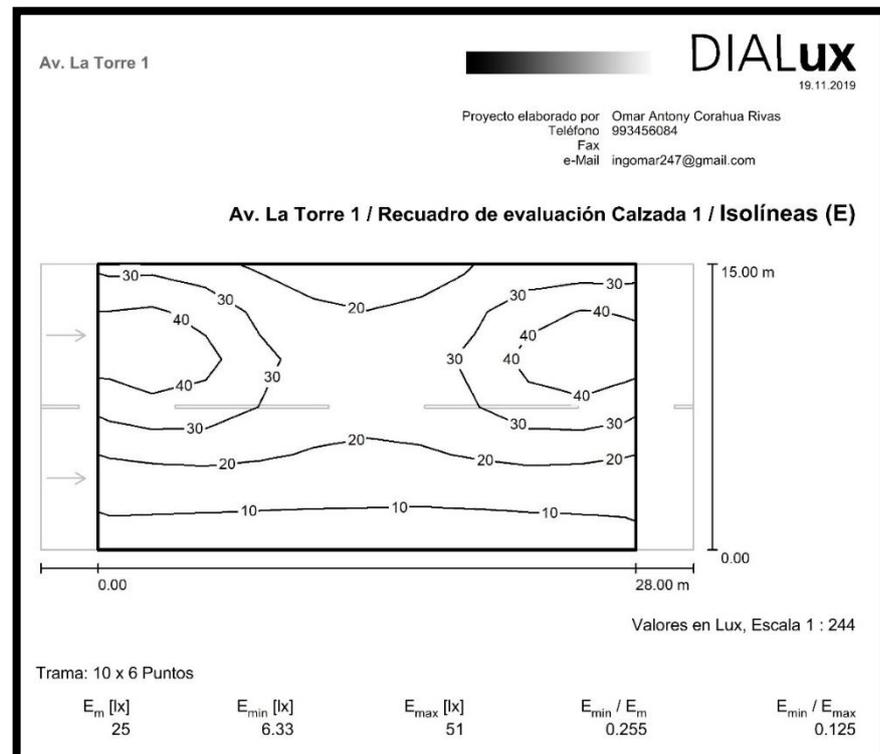
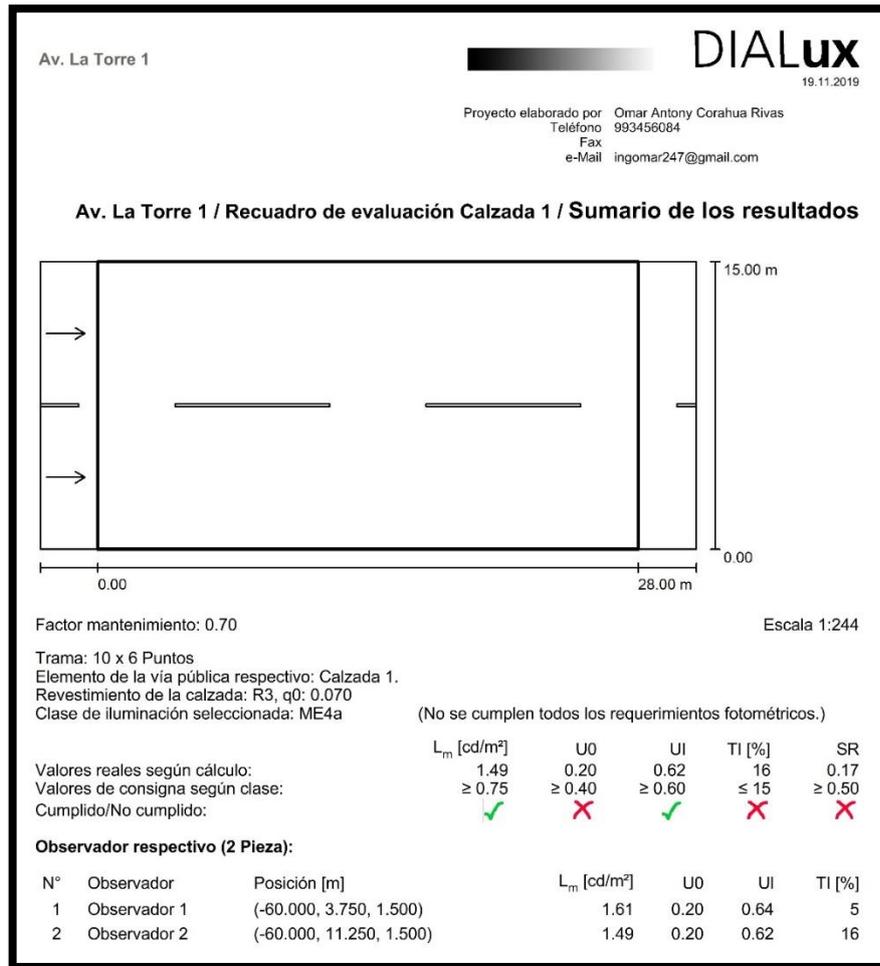
Factor mantenimiento: 0.70

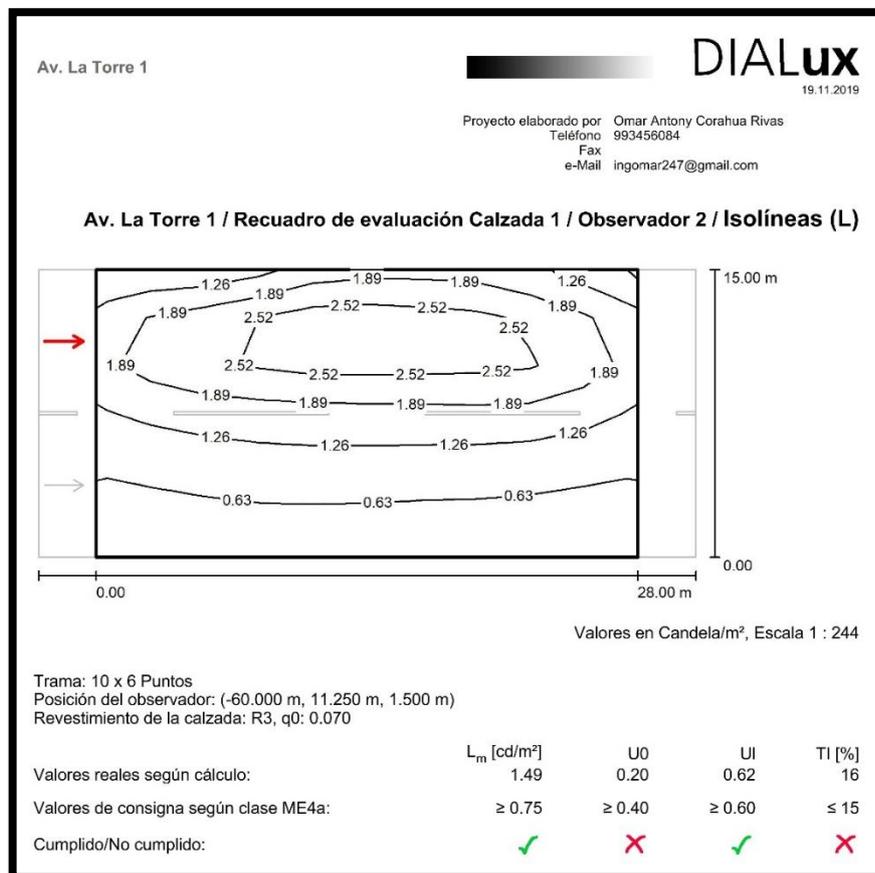
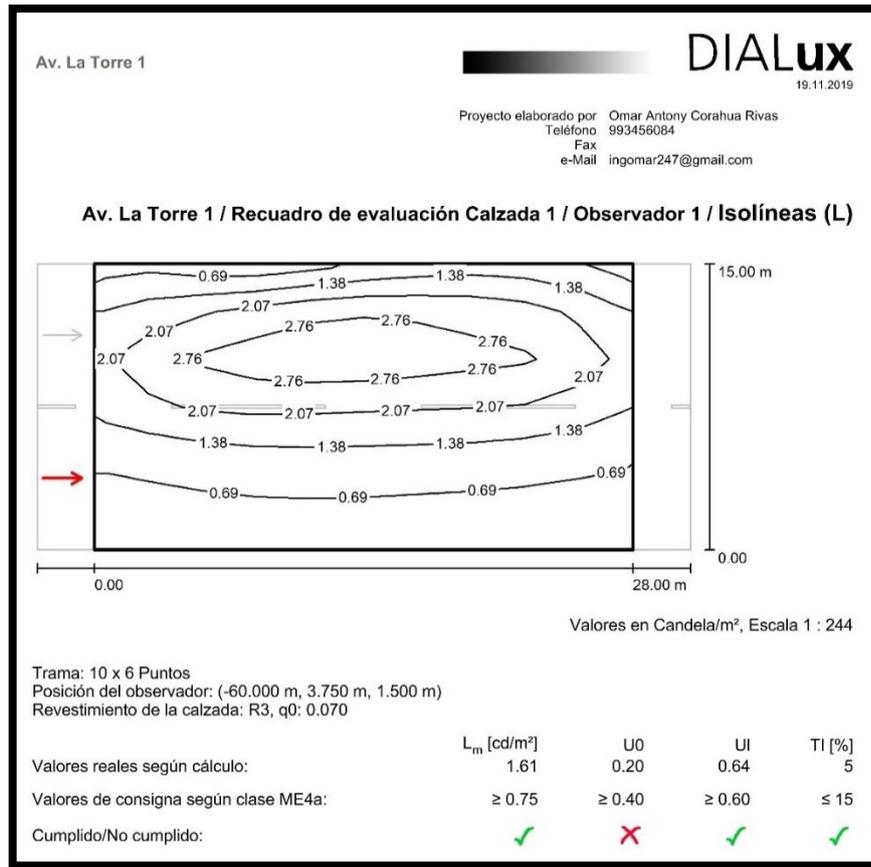
**Disposiciones de las luminarias**

Luminaria:	CELSA SEPIALED II 140W	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	17057 lm	con 70°: 589 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	17056 lm	con 80°: 154 cd/klm
Potencia de las luminarias:	140.4 W	con 90°: 17 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	28.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
Altura de montaje (1):	8.100 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.
Altura del punto de luz:	8.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.
Saliente sobre la calzada (2):	2.509 m	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °	
Longitud del brazo (4):	2.500 m	







Av. La Torre 2

**DIALux**  
19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA SEPIALED 94W / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Disponde de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 41 77 96 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Av. La Torre 2

**DIALux**  
19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

**Av. La Torre 2 / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 15.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

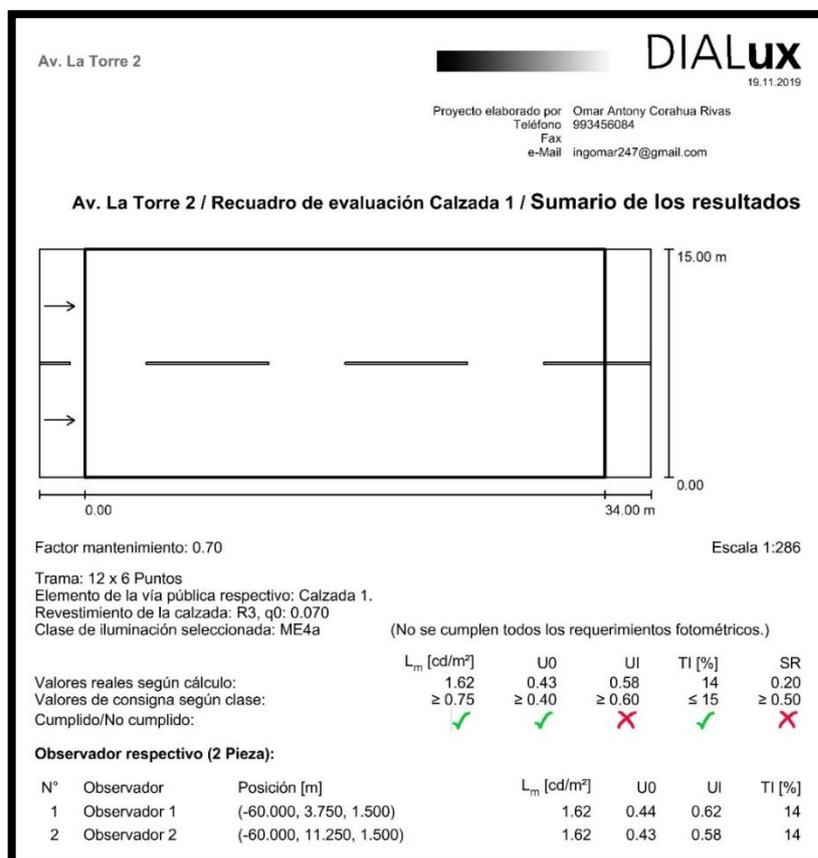
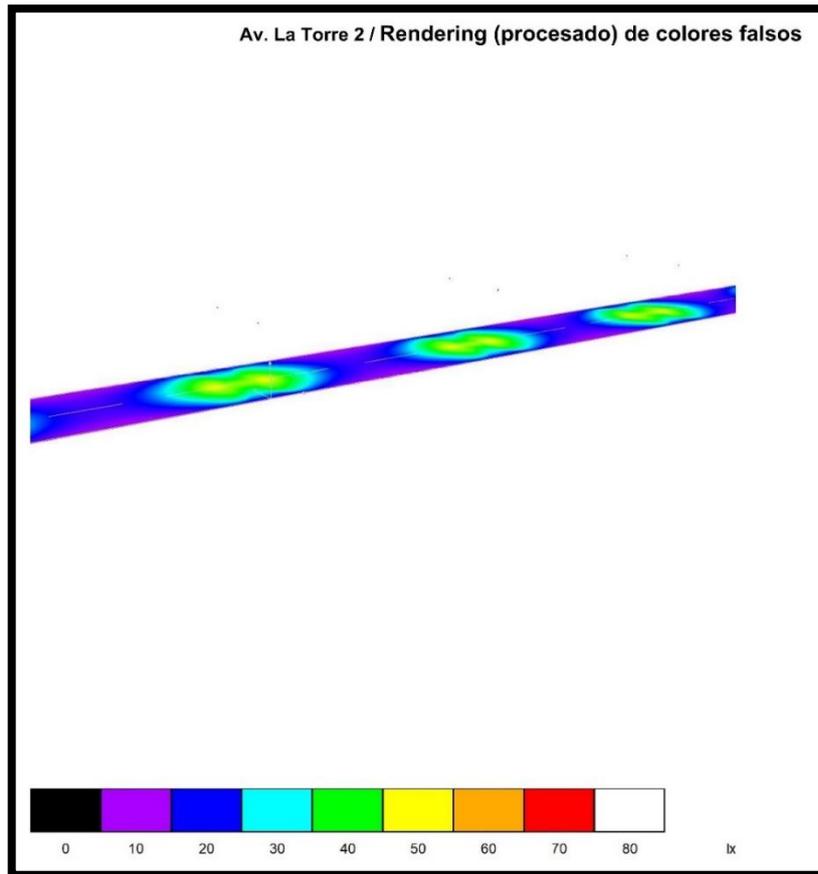
Factor mantenimiento: 0.70

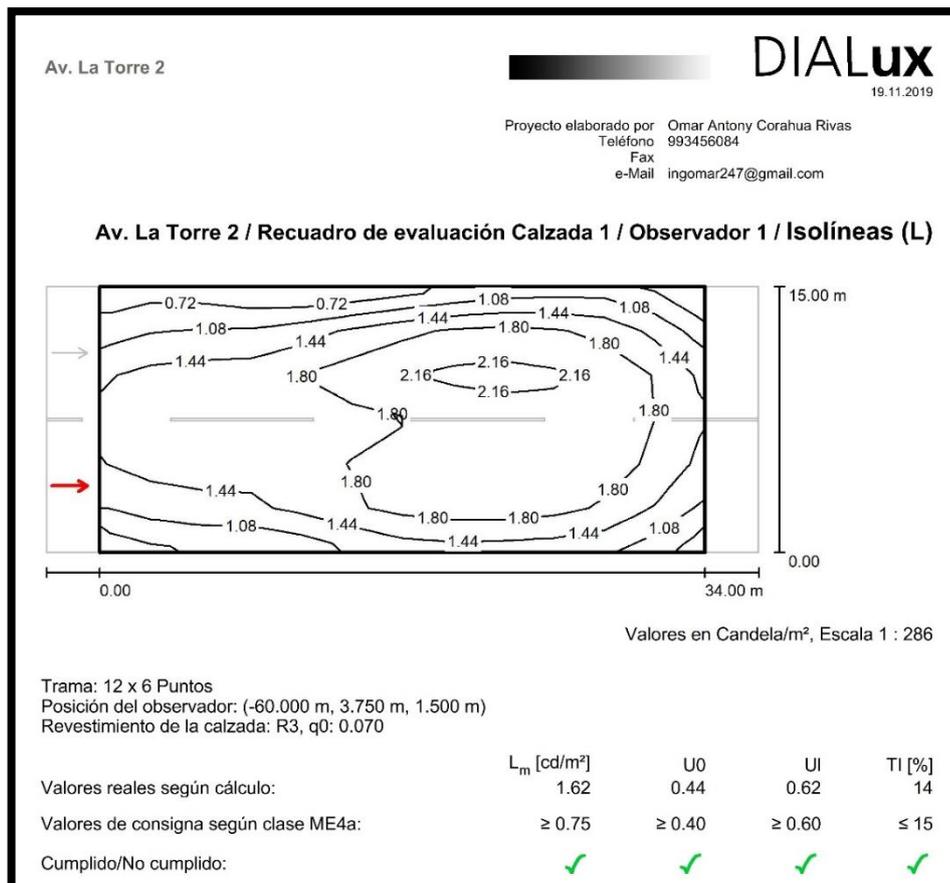
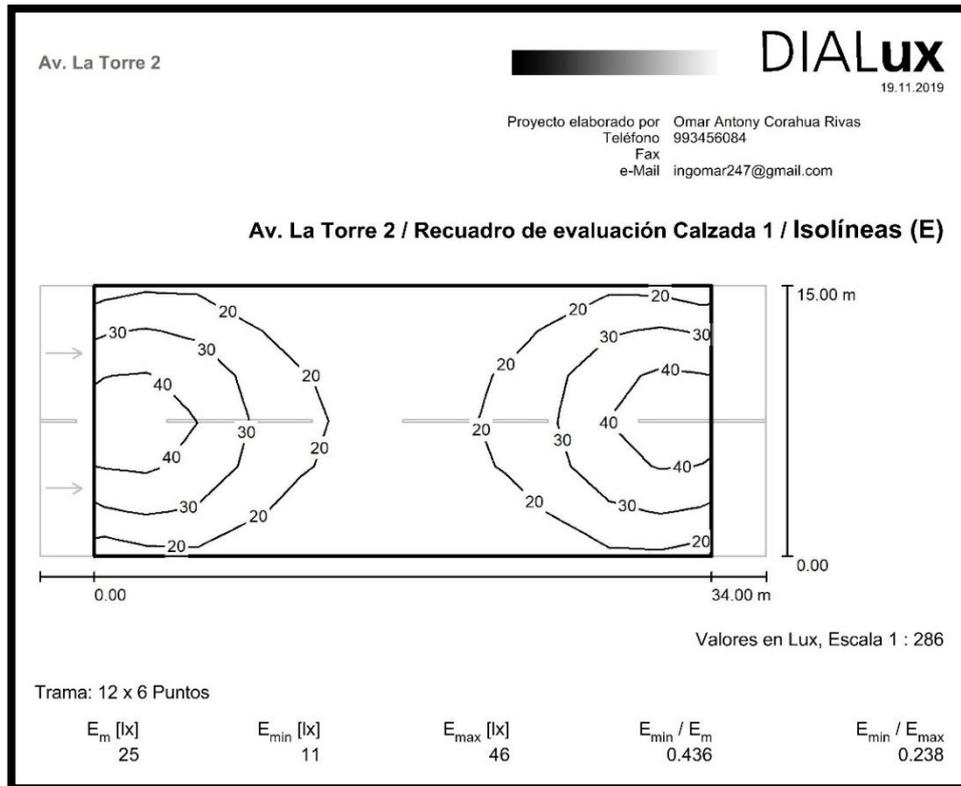
**Disposiciones de las luminarias**

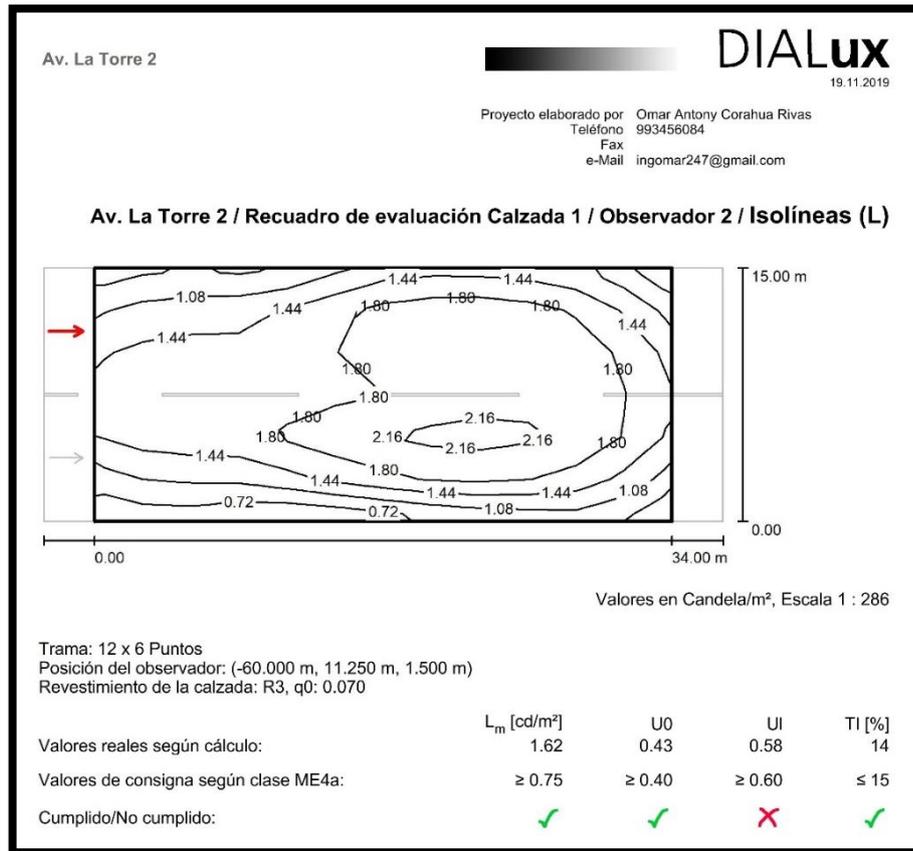
Luminaria:	CELSA SEPIALED 94W
Flujo luminoso (Luminaria):	10714 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	10729 lm
Potencia de las luminarias:	94,0 W
Organización:	bilateral frente a frente
Distancia entre mástiles:	34.000 m
Altura de montaje (1):	8.100 m
Altura del punto de luz:	8.000 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.509 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	2.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
con 70°: 480 cd/klm  
con 80°: 124 cd/klm  
con 90°: 19 cd/klm

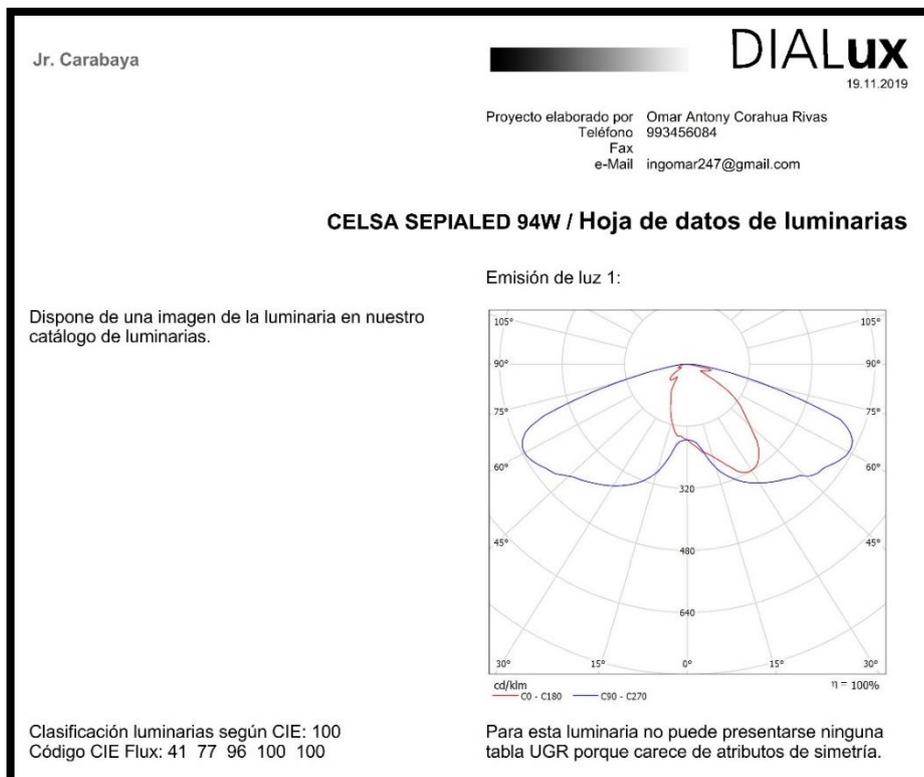
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.  
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.







### ANEXO 12: Simulación Jr. Carabaya



Jr. Carabaya

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Telefono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Carabaya / Datos de planificación**

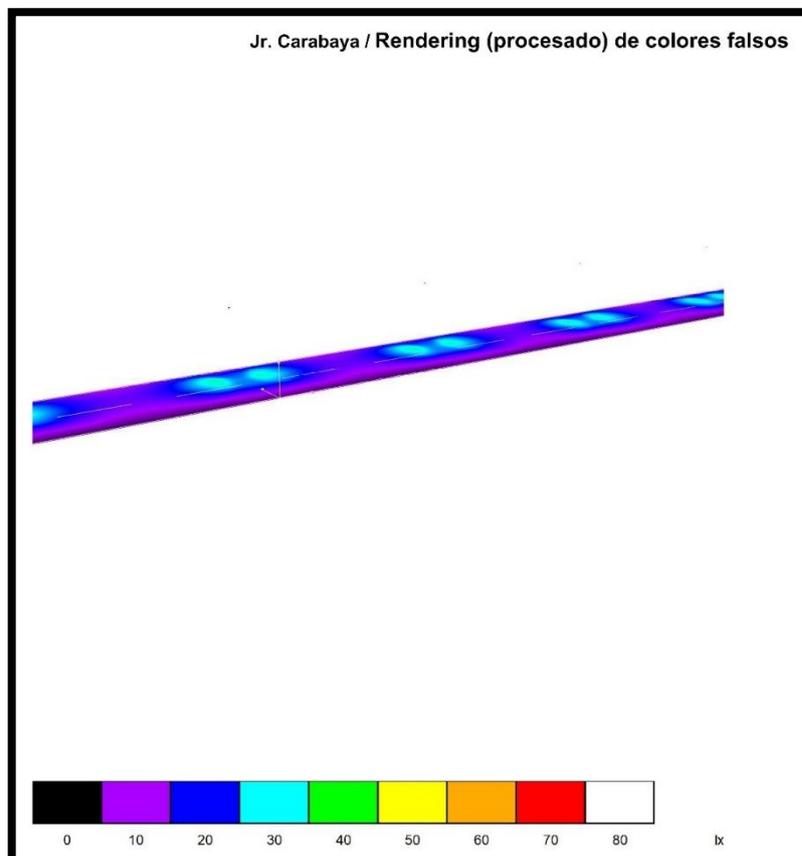
**Perfil de la vía pública**

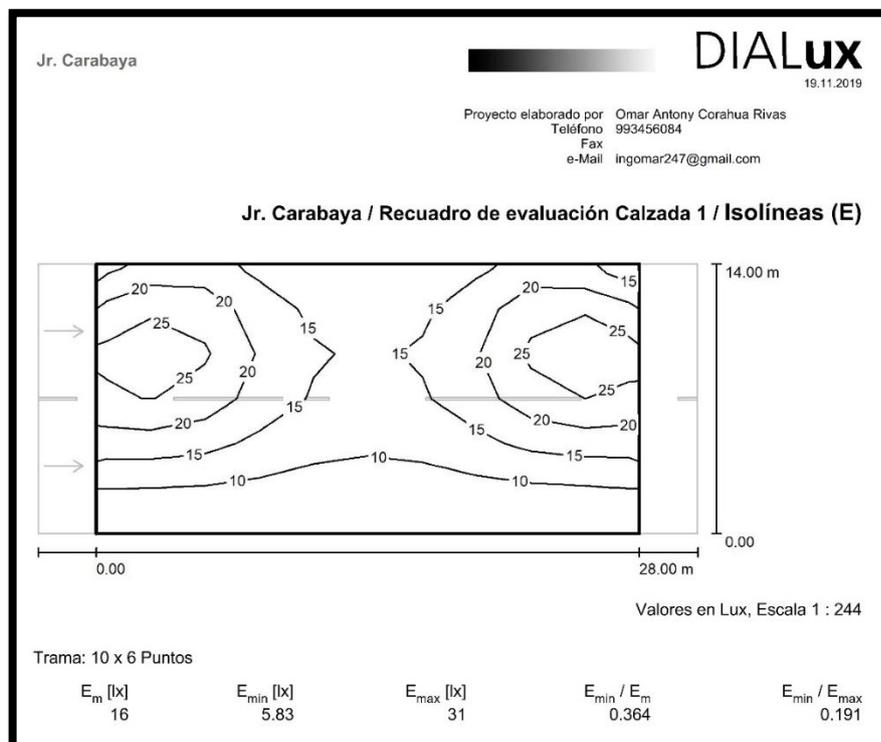
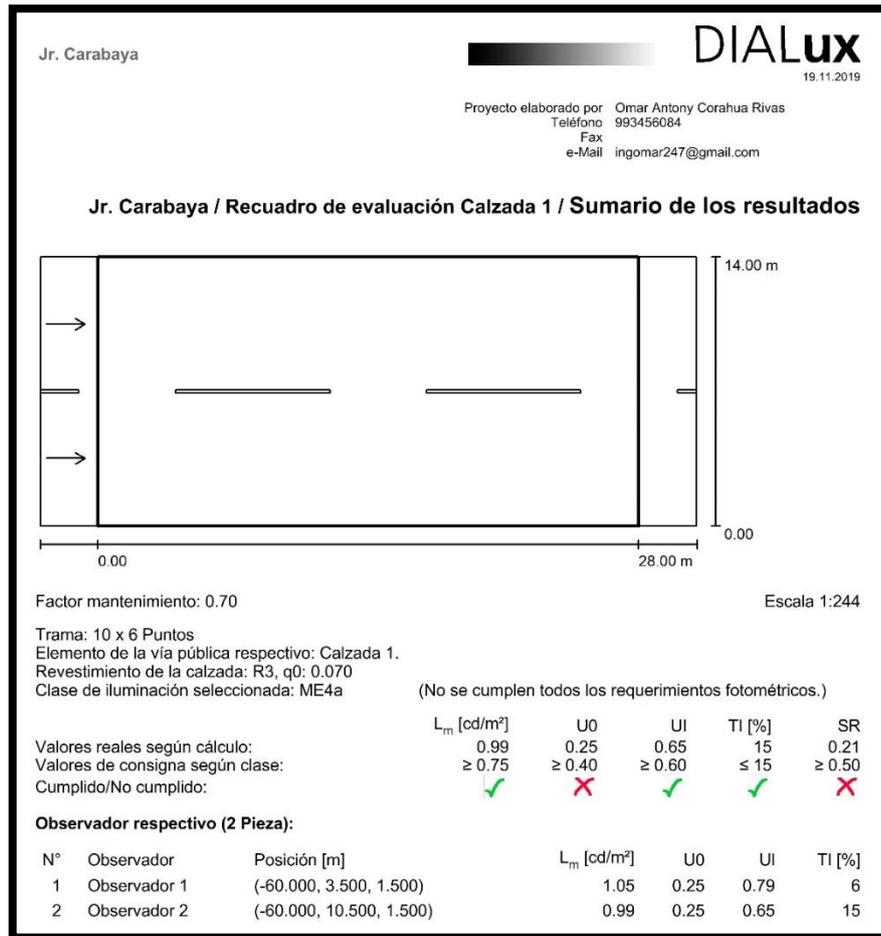
Calzada 1 (Anchura: 14.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

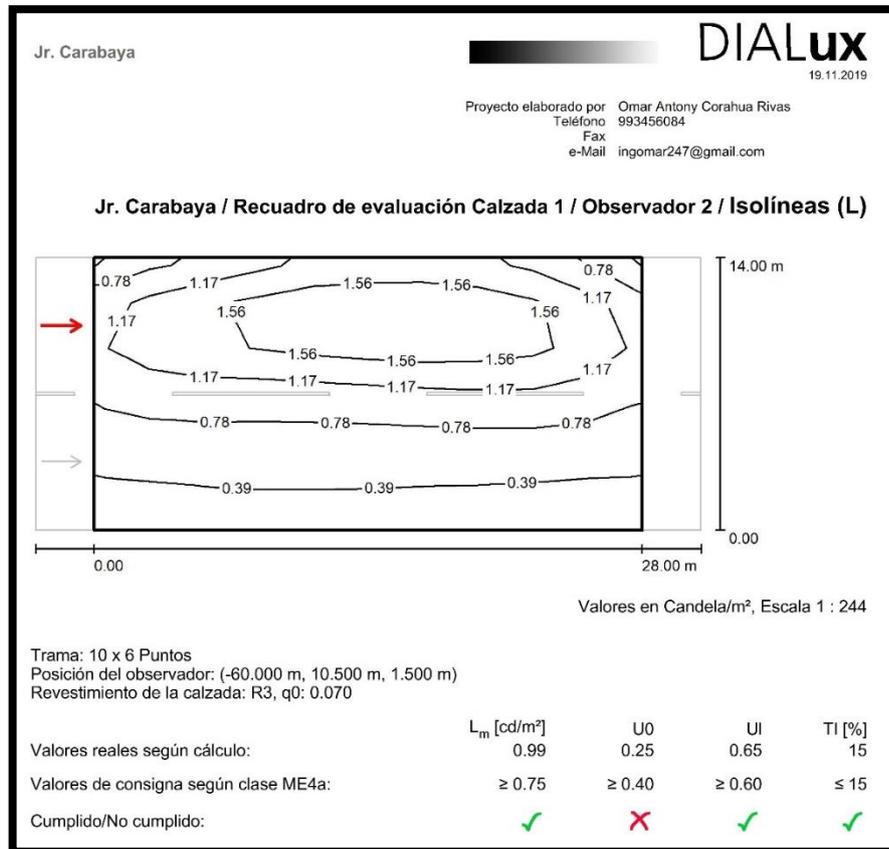
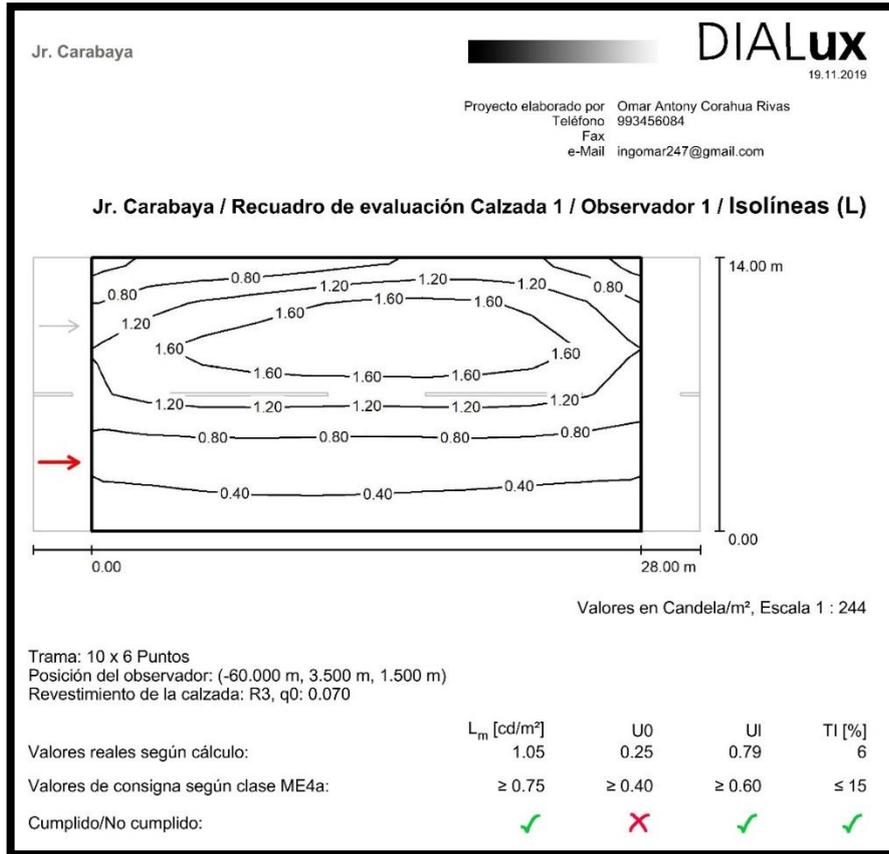
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

<p>Luminaria: CELSA SEPIALED 94W</p> <p>Flujo luminoso (Luminaria): 10714 lm</p> <p>Flujo luminoso (Lámparas): 10729 lm</p> <p>Potencia de las luminarias: 94.0 W</p> <p>Organización: unilateral arriba</p> <p>Distancia entre mástiles: 28.000 m</p> <p>Altura de montaje (1): 8.100 m</p> <p>Altura del punto de luz: 8.000 m</p> <p>Saliente sobre la calzada (2): 2.509 m</p> <p>Inclinación del brazo (3): 5.0 °</p> <p>Longitud del brazo (4): 2.500 m</p>	<p>Valores máximos de la intensidad lumínica</p> <p>con 70°: 480 cd/klm</p> <p>con 80°: 124 cd/klm</p> <p>con 90°: 19 cd/klm</p> <p>Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).</p> <p>Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.</p> <p>La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.</p> <p>La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.</p>
---	---







**ANEXO 13: Simulación Jr. Lampa**

Jr. Lampa 1

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**CELSA SEPIALED II 140W / Hoja de datos de luminarias**

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 41 77 96 100 100

Emisión de luz 1:

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Jr. Lampa 1

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Lampa 1 / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 1 (Anchura: 10.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

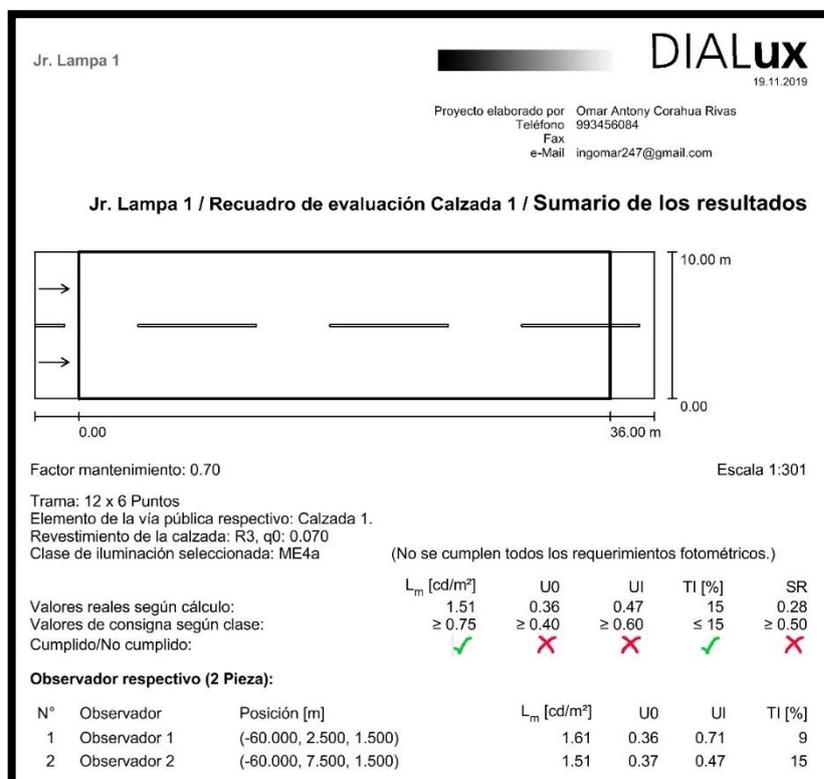
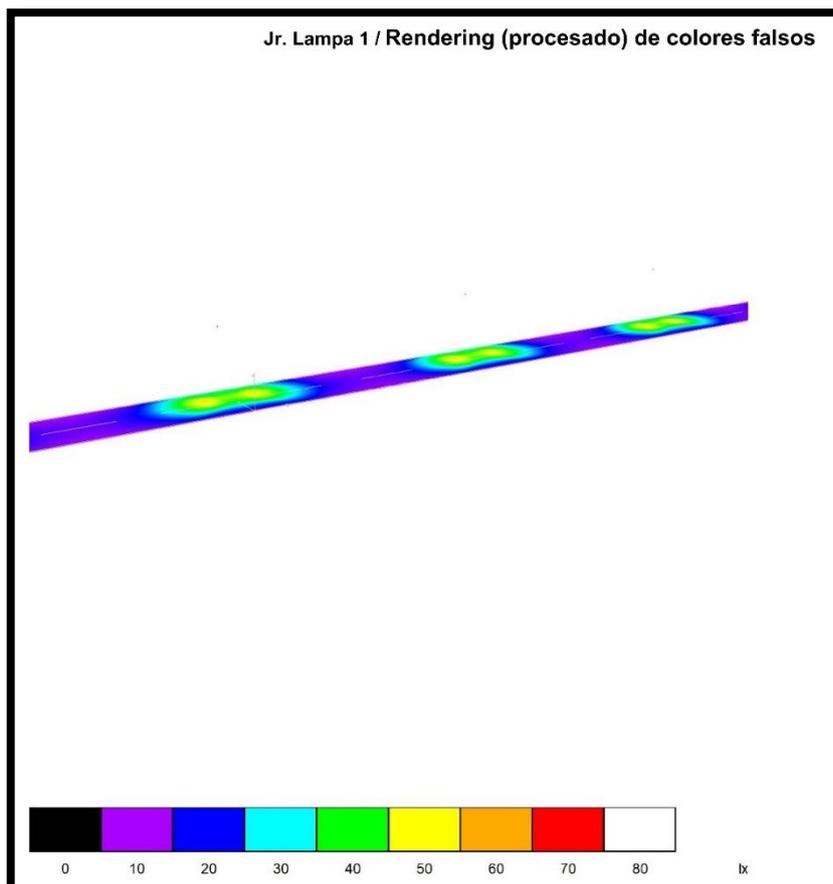
Factor mantenimiento: 0.70

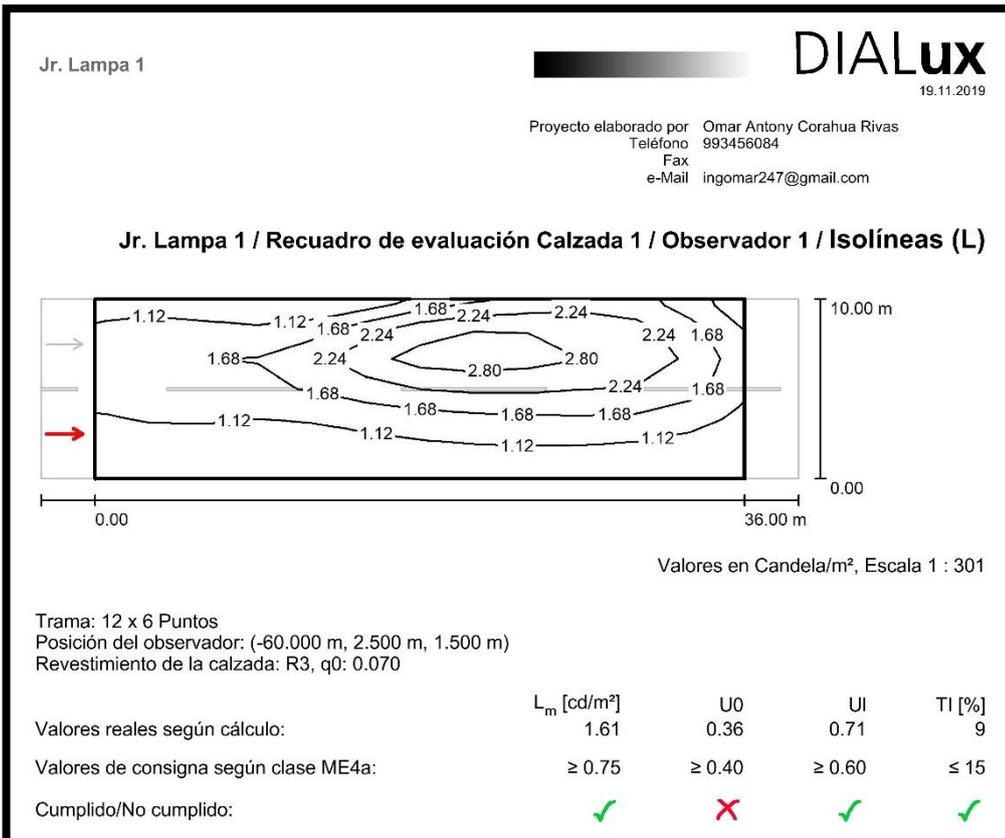
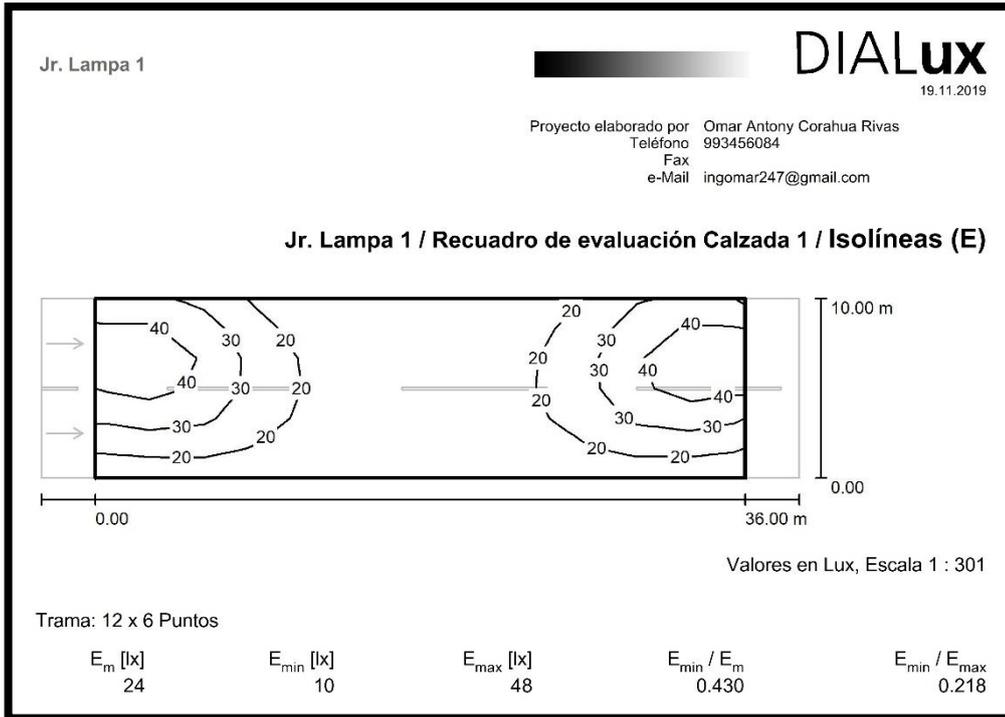
**Disposiciones de las luminarias**

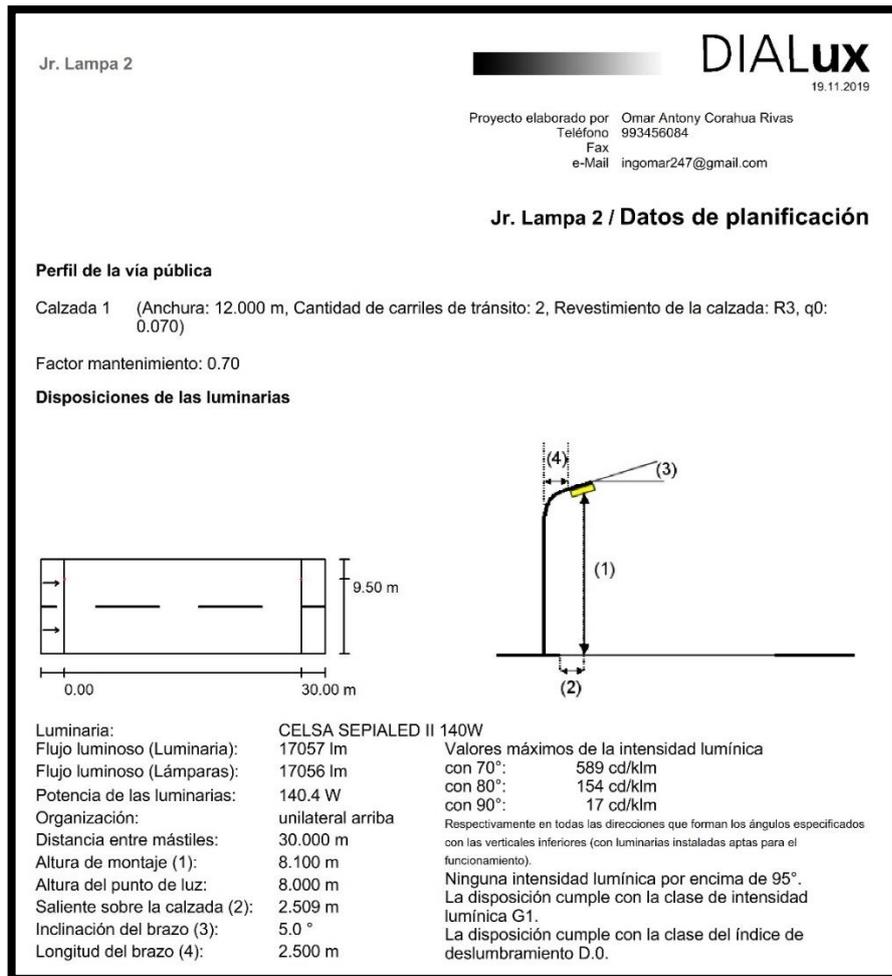
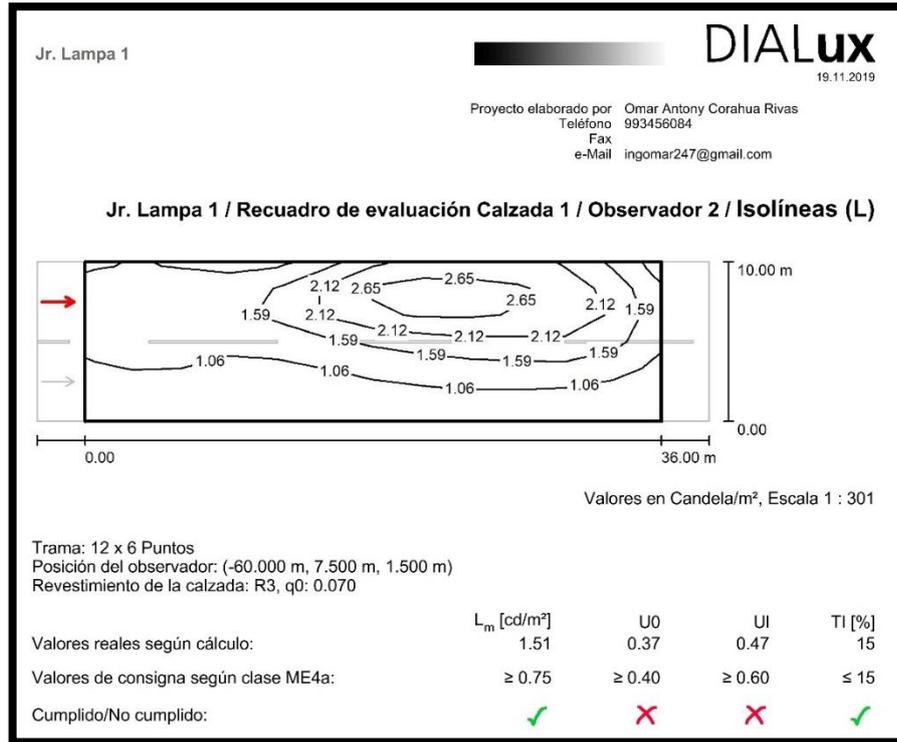
0.00 36.00 m 8.50 m

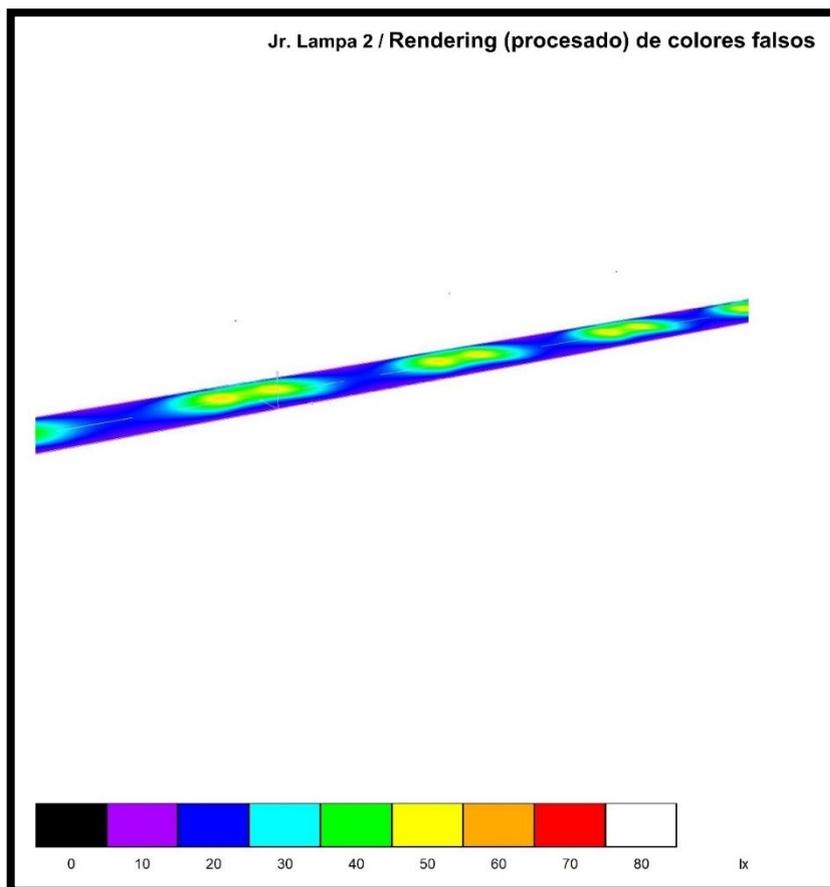
(1) (2) (3) (4)

<p>Luminaria: CELSA SEPIALED II 140W</p> <p>Flujo luminoso (Luminaria): 17057 lm</p> <p>Flujo luminoso (Lámparas): 17056 lm</p> <p>Potencia de las luminarias: 140.4 W</p> <p>Organización: unilateral arriba</p> <p>Distancia entre mástiles: 36.000 m</p> <p>Altura de montaje (1): 8.100 m</p> <p>Altura del punto de luz: 8.000 m</p> <p>Saliente sobre la calzada (2): 1.509 m</p> <p>Inclinación del brazo (3): 5.0 °</p> <p>Longitud del brazo (4): 1.500 m</p>	<p>Valores máximos de la intensidad lumínica</p> <p>con 70°: 589 cd/klm</p> <p>con 80°: 154 cd/klm</p> <p>con 90°: 17 cd/klm</p> <p>Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).</p> <p>Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.</p> <p>La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.</p> <p>La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.</p>
--	---









Jr. Lampa 2

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Lampa 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**

Factor mantenimiento: 0.70 Escala 1:258

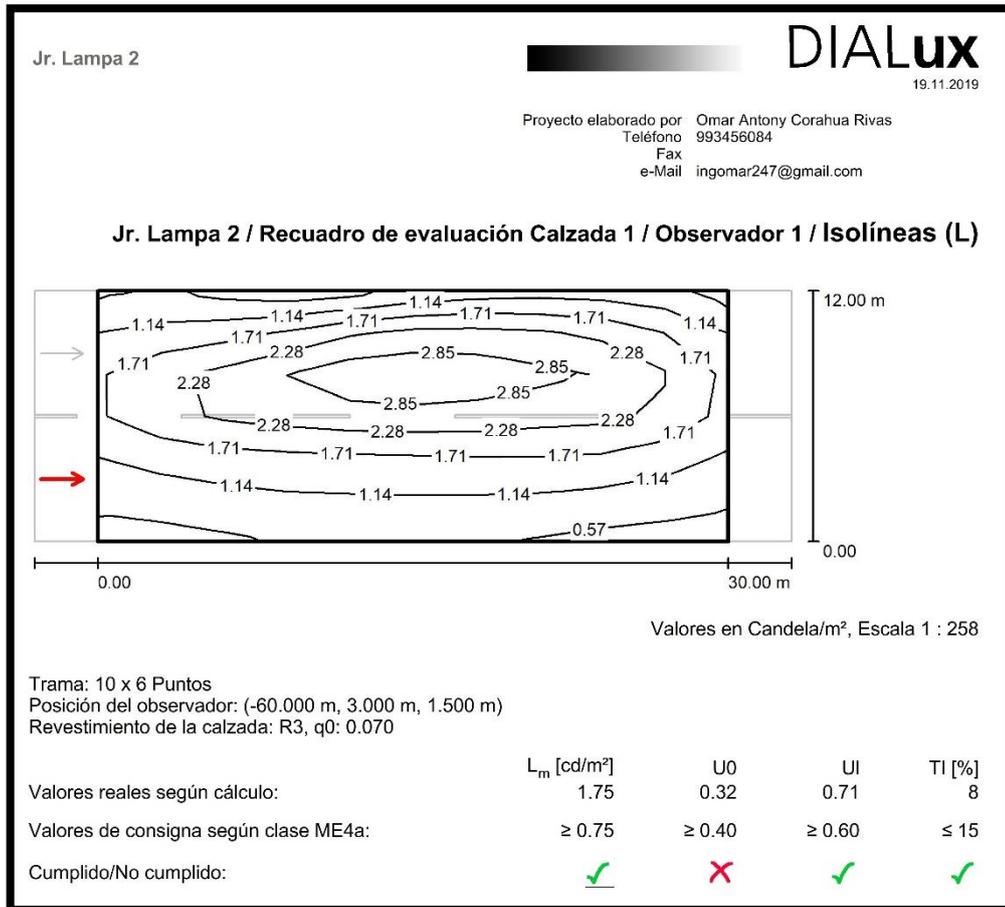
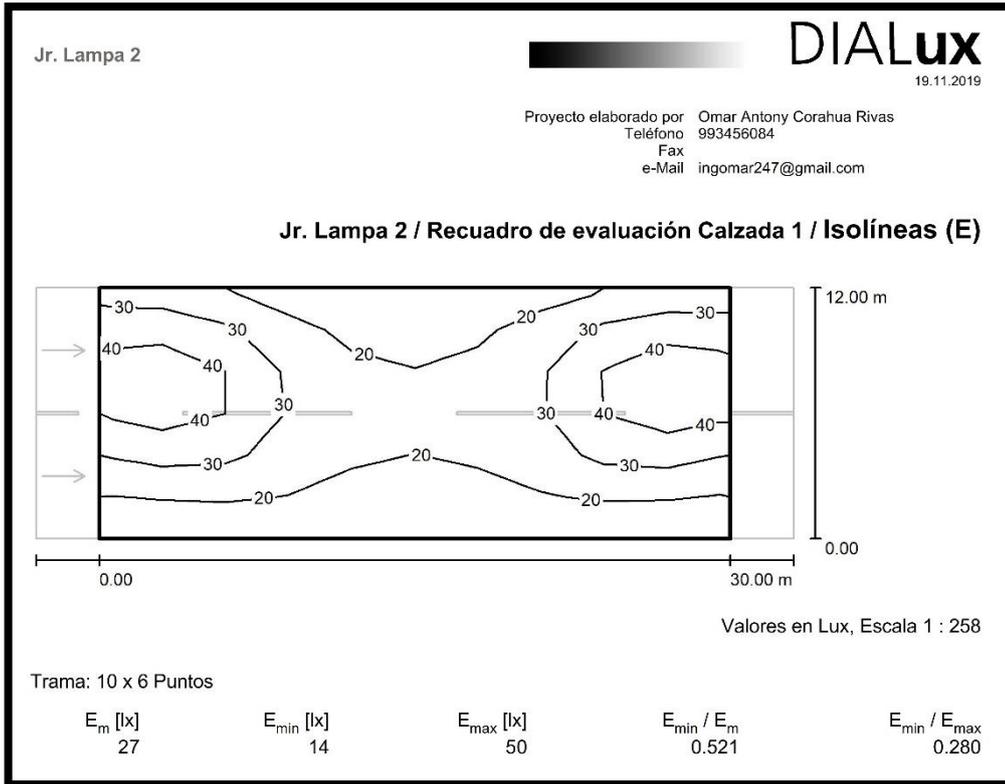
Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

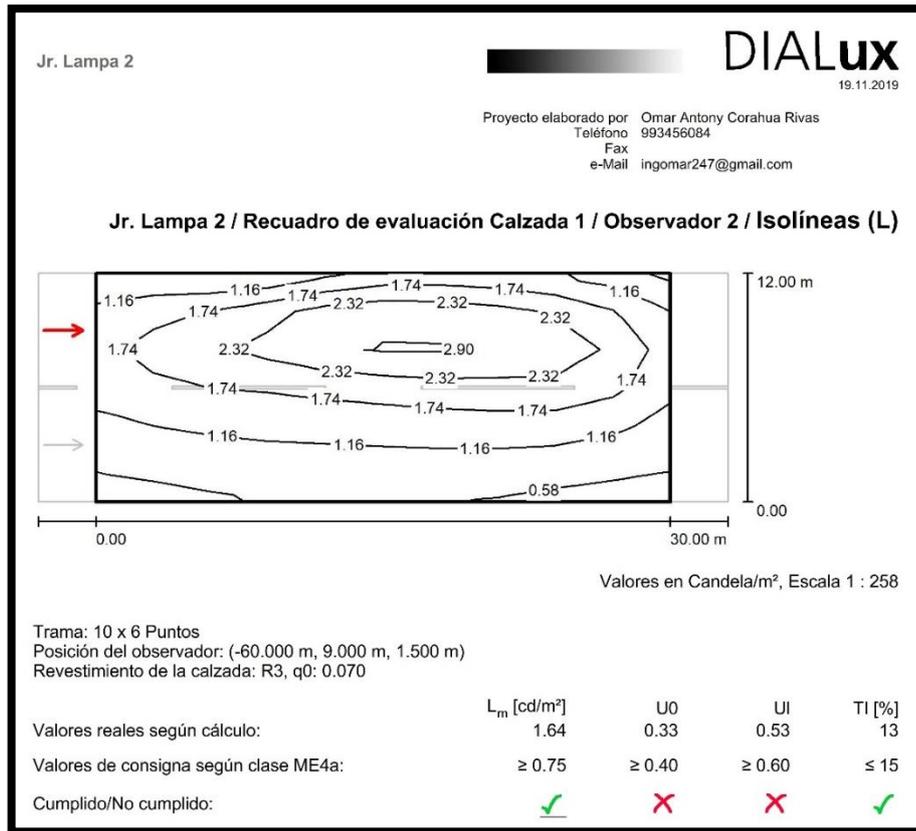
(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.64	0.32	0.53	13	0.21
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.60$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✗	✗	✓	✗

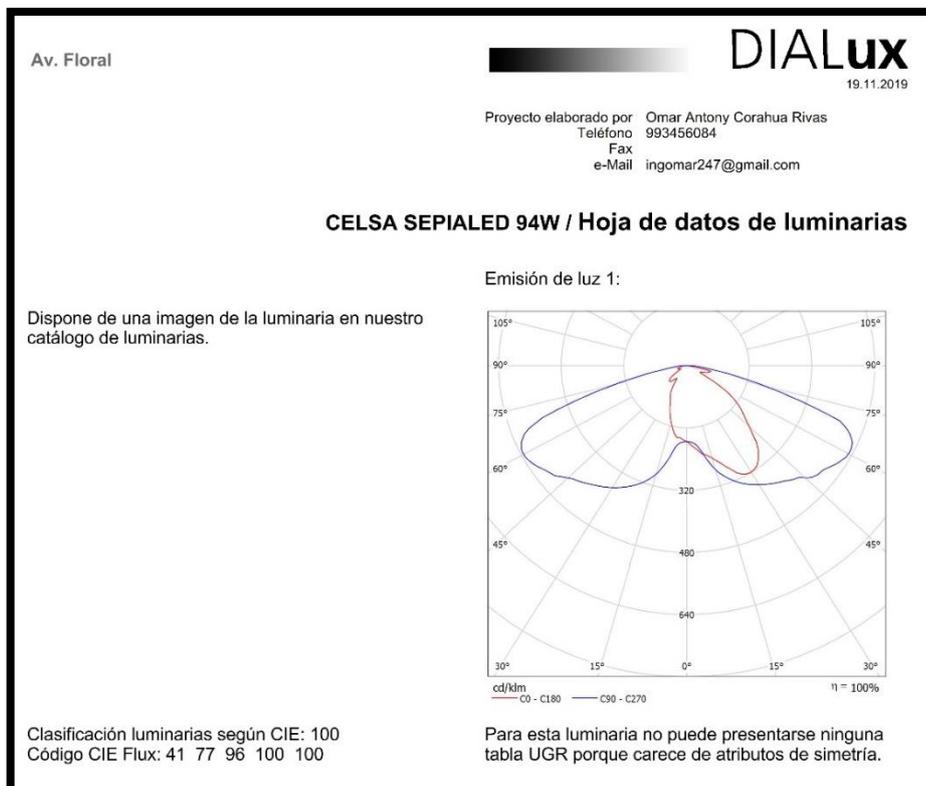
**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 3.000, 1.500)	1.75	0.32	0.71	8
2	Observador 2	(-60.000, 9.000, 1.500)	1.64	0.33	0.53	13





**ANEXO 14: Simulación Av. Floral**



Av. Floral

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

### Av. Floral / Datos de planificación

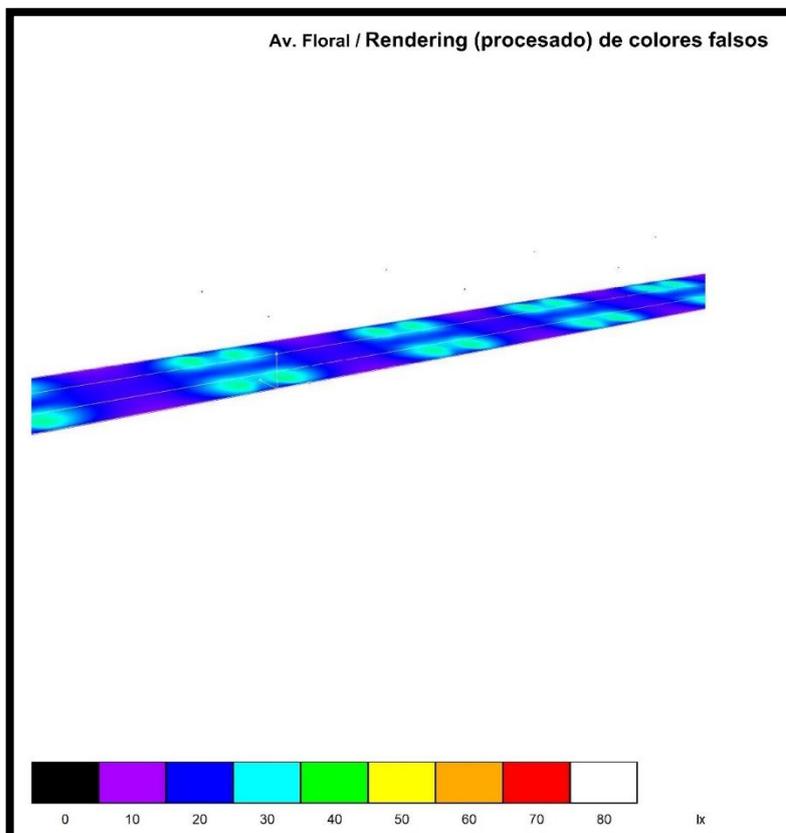
**Perfil de la vía pública**

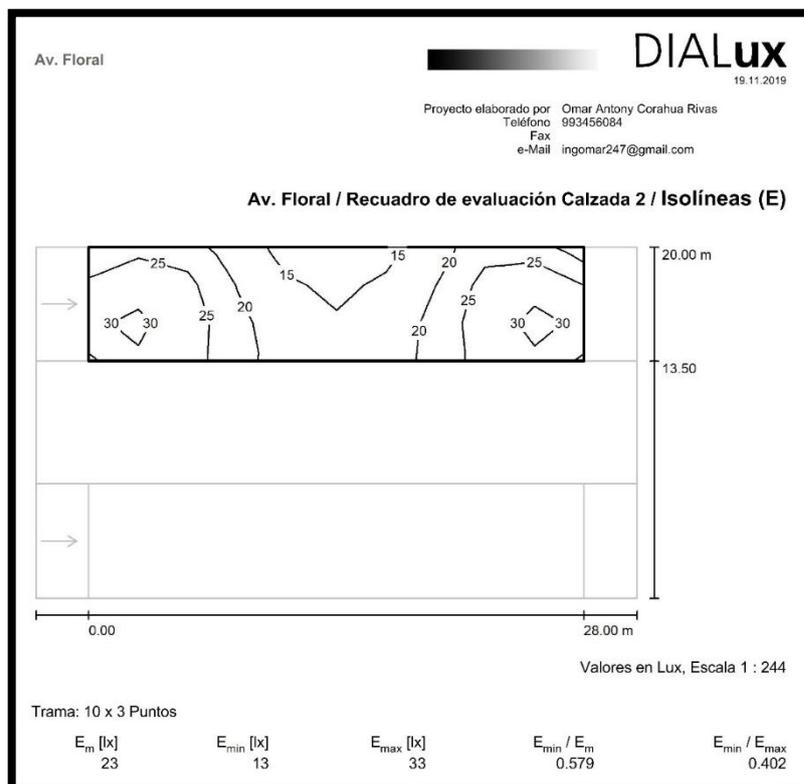
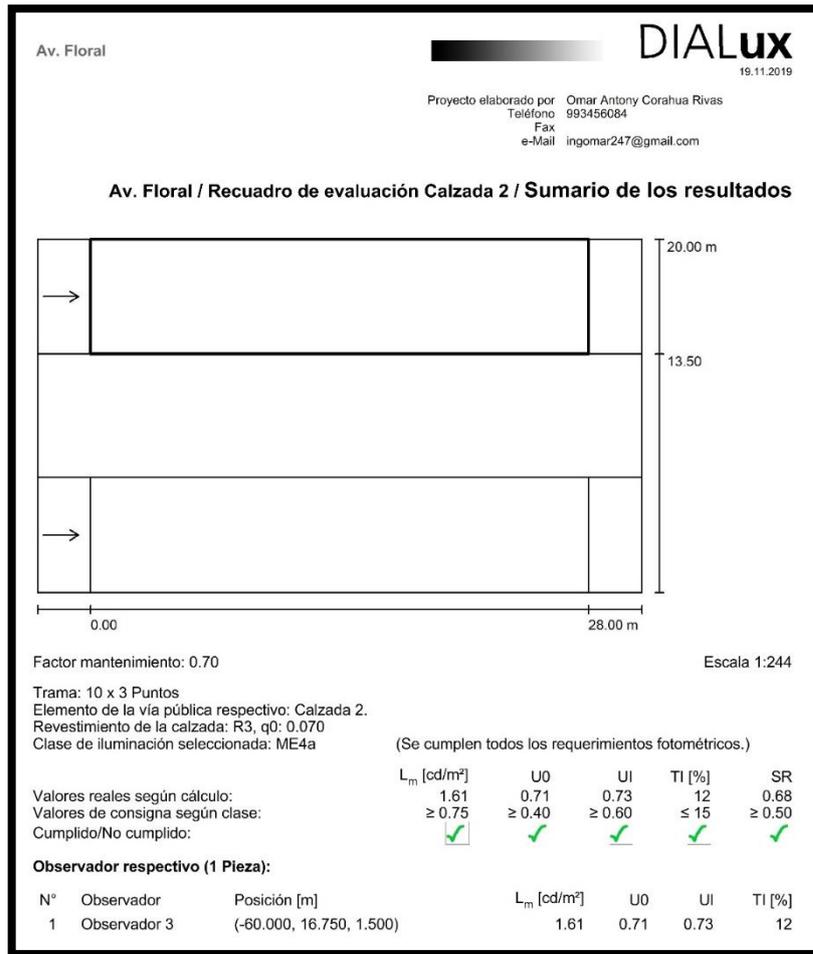
Calzada 2 (Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
 Arcén central 1 (Anchura: 7.000 m, Altura: 0.000 m)  
 Calzada 1 (Anchura: 6.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

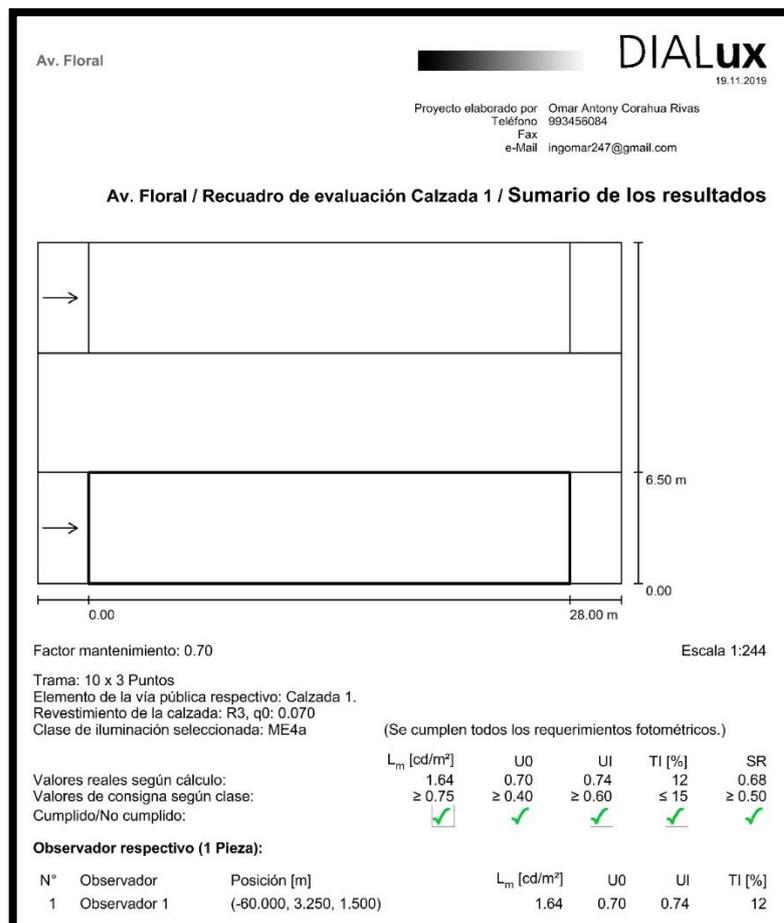
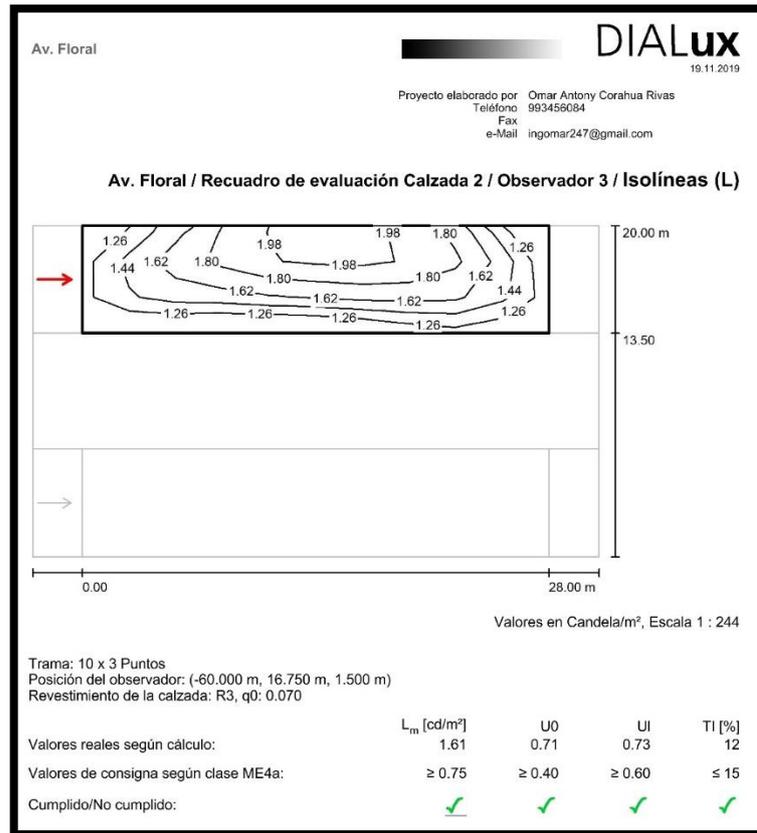
Factor mantenimiento: 0.70

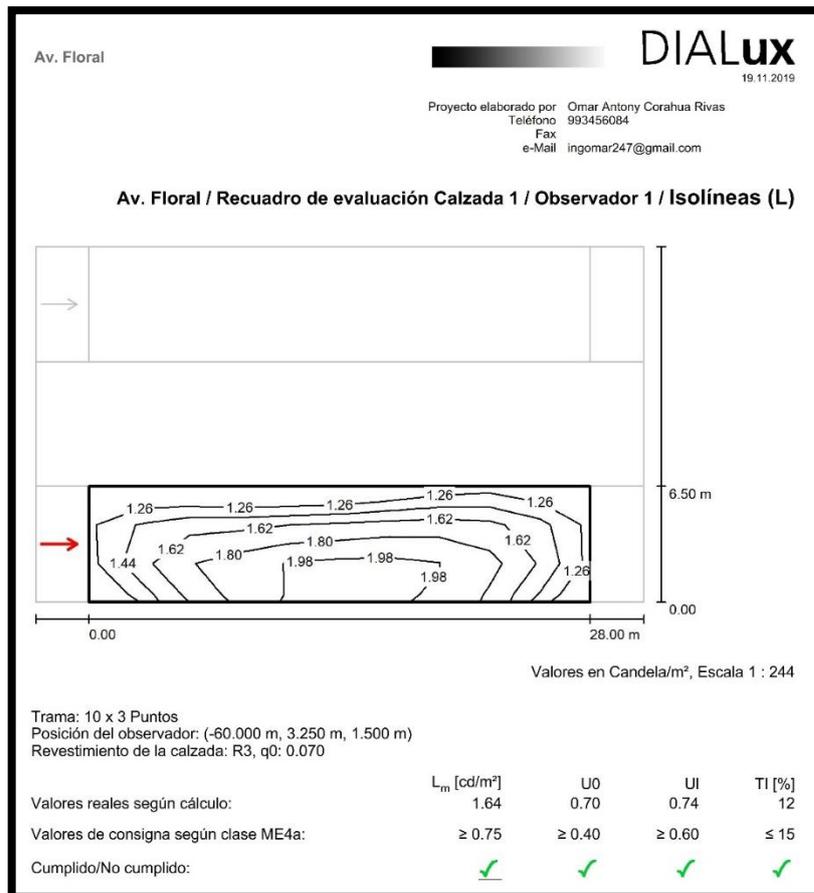
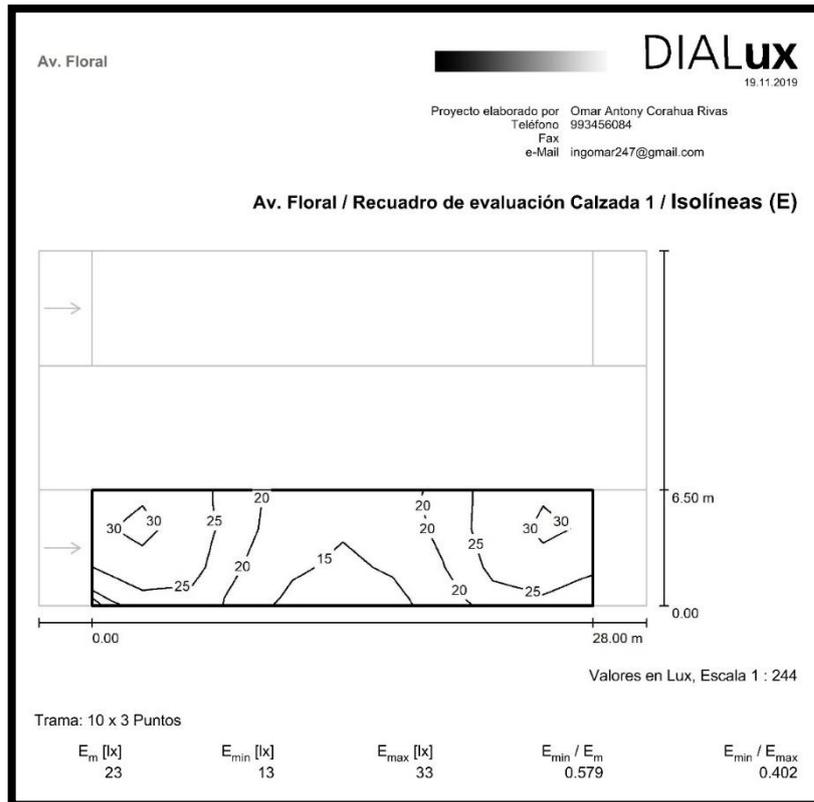
**Disposiciones de las luminarias**

<p>Luminaria: CELSA SEPIALED 94W                  Flujo luminoso (Luminaria): 10714 lm                  Flujo luminoso (Lámparas): 10729 lm                  Potencia de las luminarias: 94.0 W                  Organización: bilateral frente a frente                  Distancia entre mástiles: 28.000 m                  Altura de montaje (1): 8.100 m                  Altura del punto de luz: 8.000 m                  Saliente sobre la calzada (2): 1.509 m                  Inclinación del brazo (3): 5.0 °                  Longitud del brazo (4): 1.500 m</p>	<p>Valores máximos de la intensidad lumínica                  con 70°: 480 cd/klm                  con 80°: 124 cd/klm                  con 90°: 19 cd/klm</p> <p>Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas apais para el funcionamiento).                  Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.                  La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.                  La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.</p>
---	---

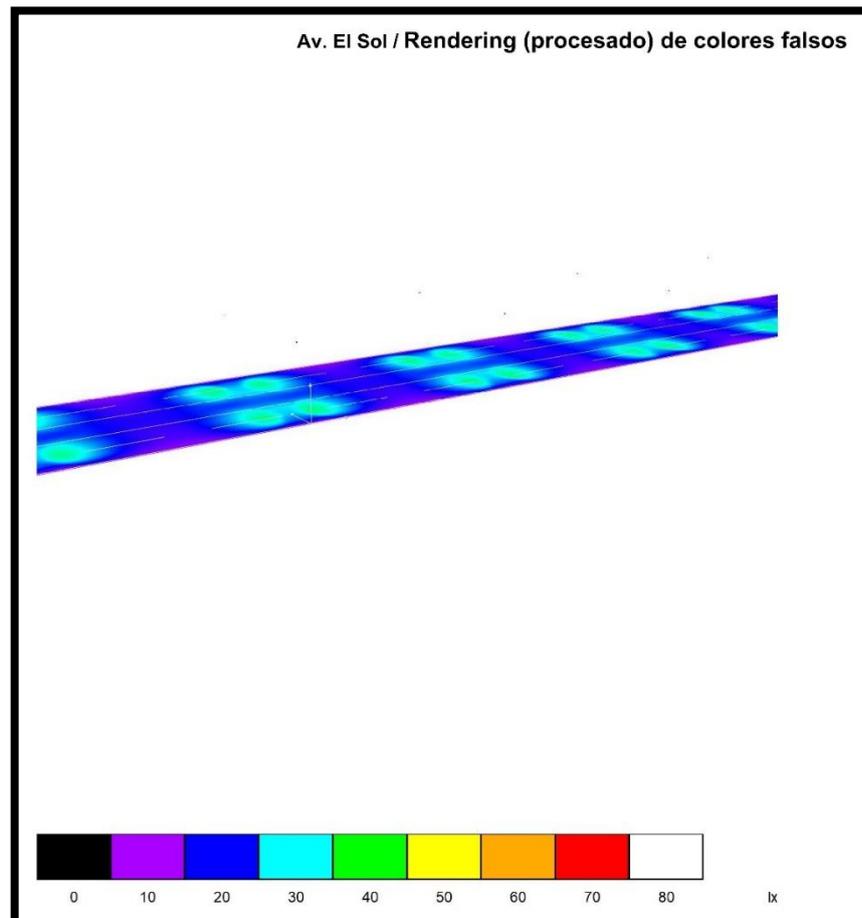
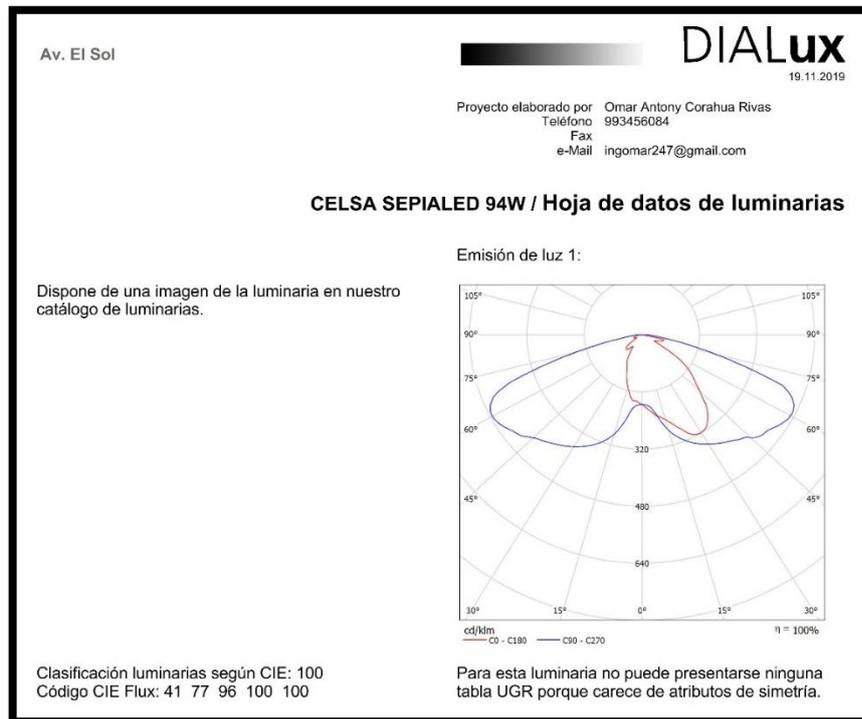








**ANEXO 15: Simulación Av. El Sol**



Av. El Sol

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Av. El Sol / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 2 (Anchura: 8.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
 Arcén central 1 (Anchura: 5.000 m, Altura: 0.000 m)  
 Calzada 1 (Anchura: 8.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

Luminaria:	CELSA SEPIALED 94W		
Flujo luminoso (Luminaria):	10714 lm	Valores máximos de la intensidad luminica	
Flujo luminoso (Lámparas):	10729 lm	con 70°:	480 cd/klm
Potencia de las luminarias:	94.0 W	con 80°:	124 cd/klm
Organización:	bilateral frente a frente	con 90°:	19 cd/klm
Distancia entre mástiles:	27.000 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
Altura de montaje (1):	8.100 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 95°.	
Altura del punto de luz:	8.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G2.	
Saliente sobre la calzada (2):	2.509 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.	
Inclinación del brazo (3):	5.0 °		
Longitud del brazo (4):	2.500 m		

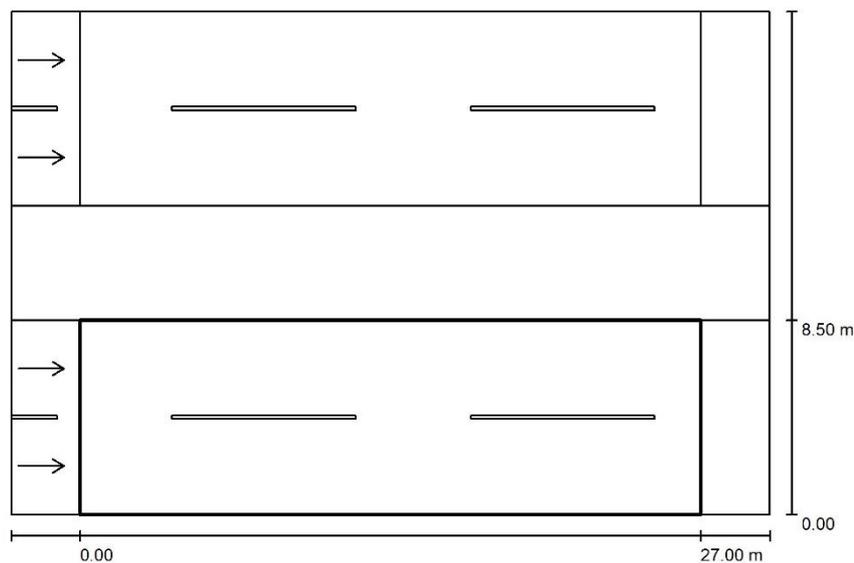
Av. El Sol

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Av. El Sol / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:236

Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

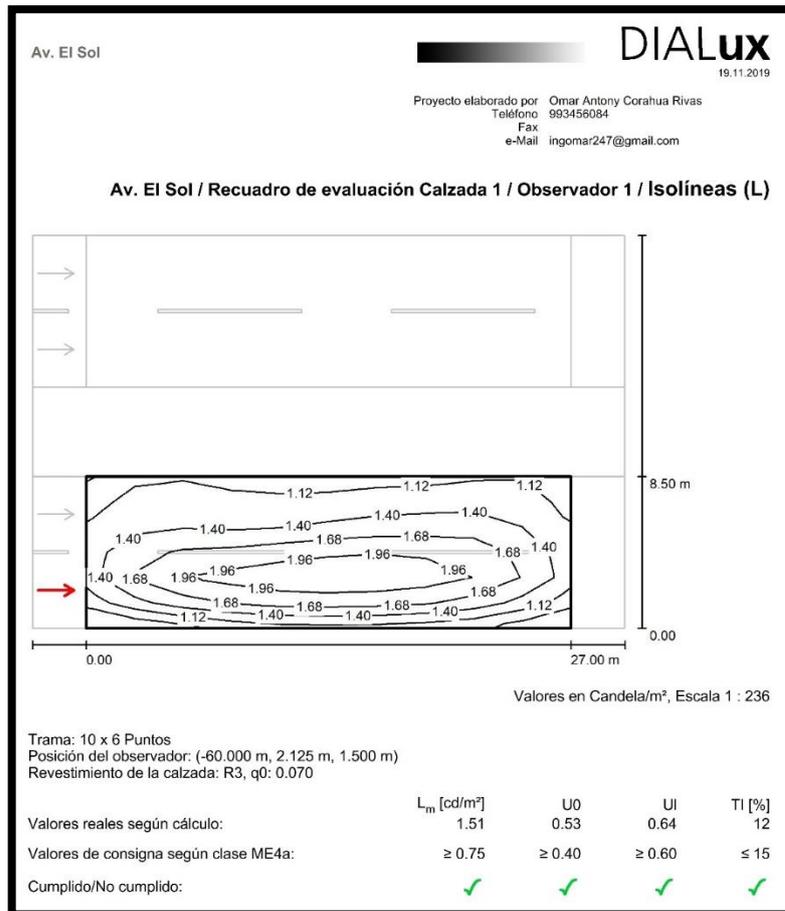
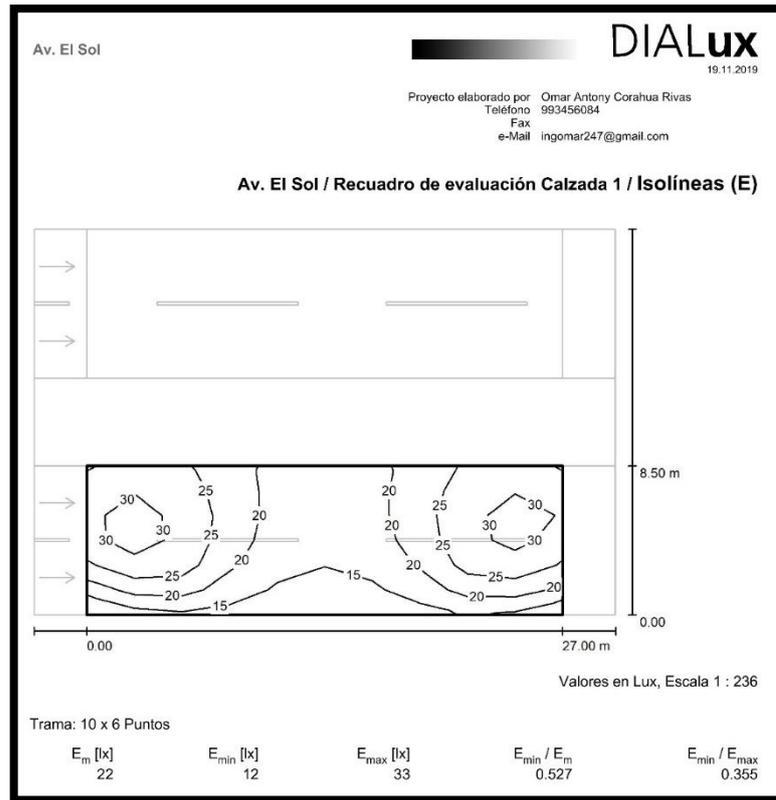
Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
1.51	0.41	0.64	12	0.59
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	✓	✓

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 2.125, 1.500)	1.51	0.53	0.64	12
2	Observador 2	(-60.000, 6.375, 1.500)	1.56	0.41	0.84	12



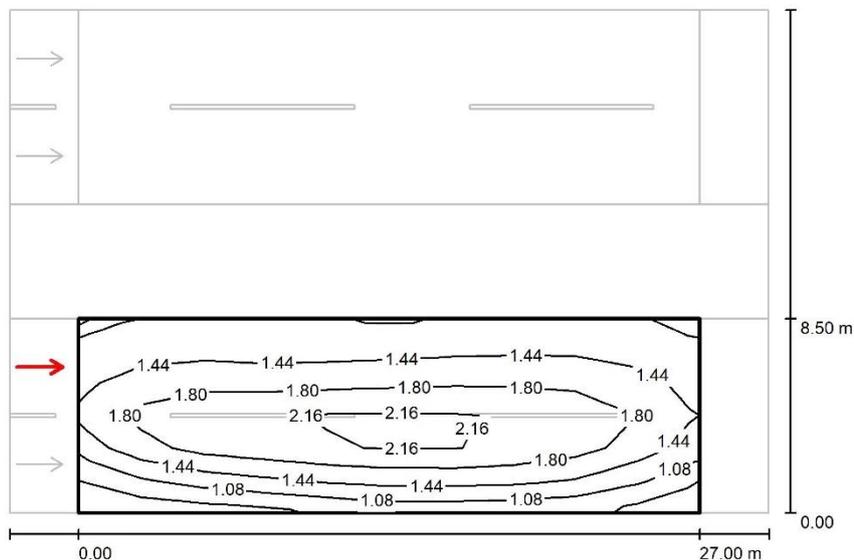
Av. El Sol

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Av. El Sol / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 236

Trama: 10 x 6 Puntos  
 Posición del observador: (-60.000 m, 6.375 m, 1.500 m)  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.56	0.41	0.84	12
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓

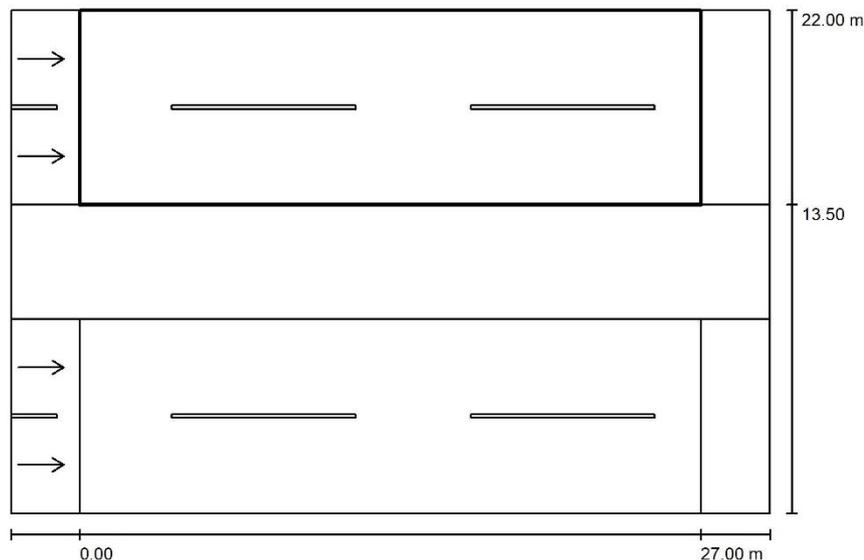
Av. El Sol

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Av. El Sol / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Sumario de los resultados**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:236

Trama: 10 x 6 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

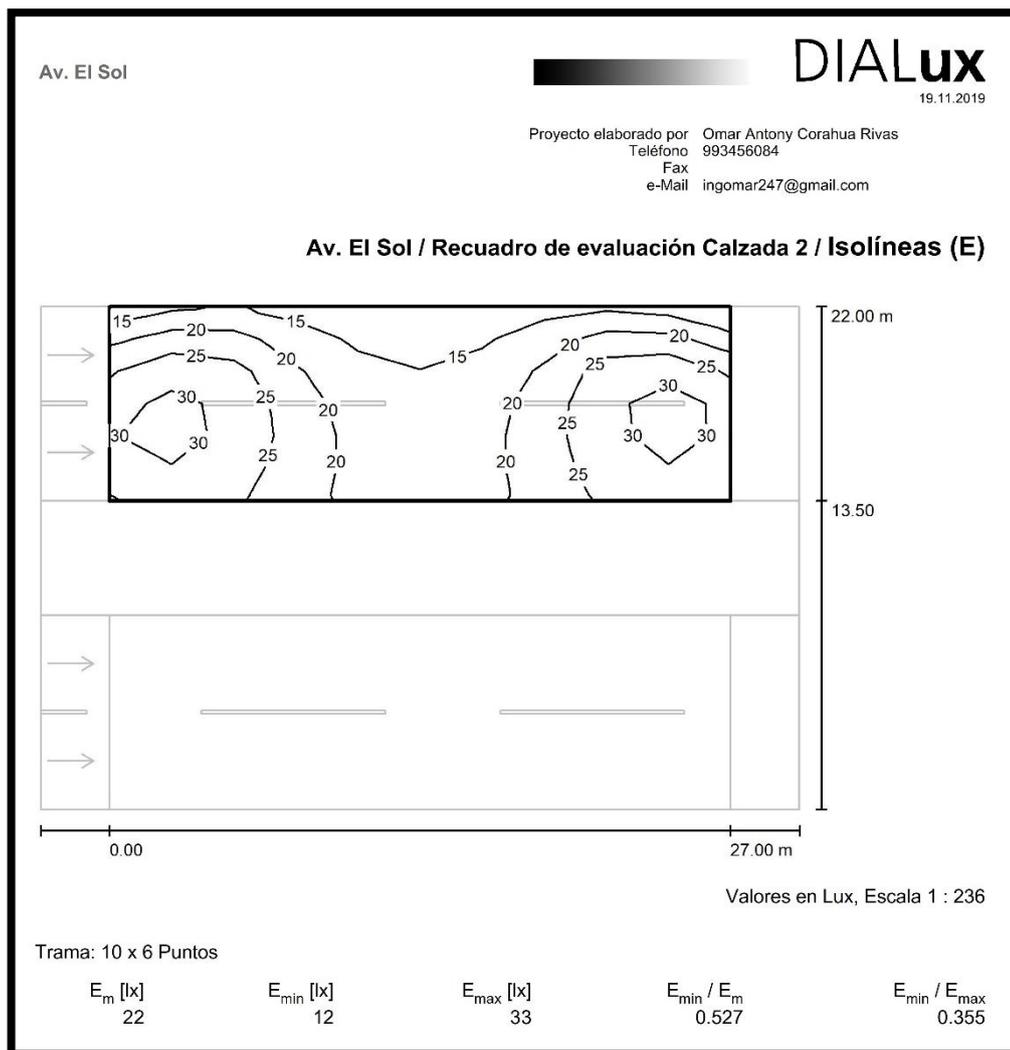
Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
1.48	0.42	0.60	11	0.59
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	✓	✓

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 3	(-60.000, 15.625, 1.500)	1.53	0.42	0.84	11
2	Observador 4	(-60.000, 19.875, 1.500)	1.48	0.51	0.60	11



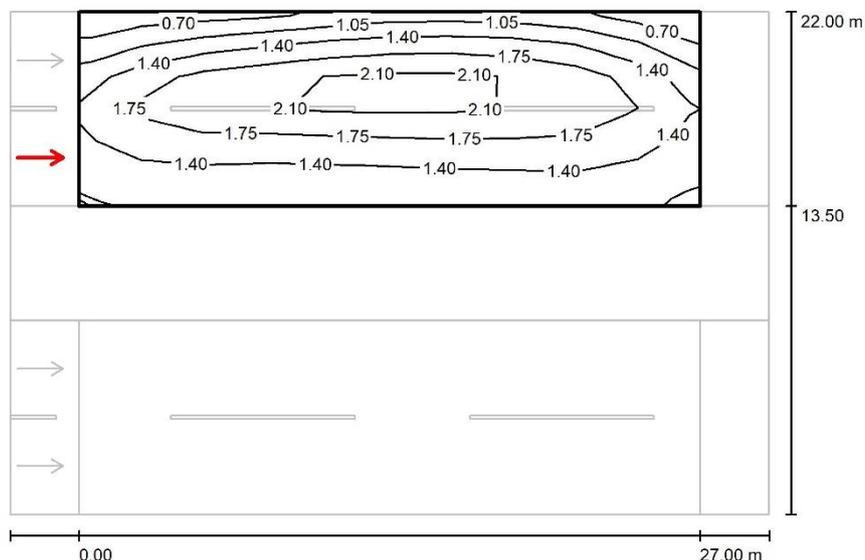
Av. El Sol

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

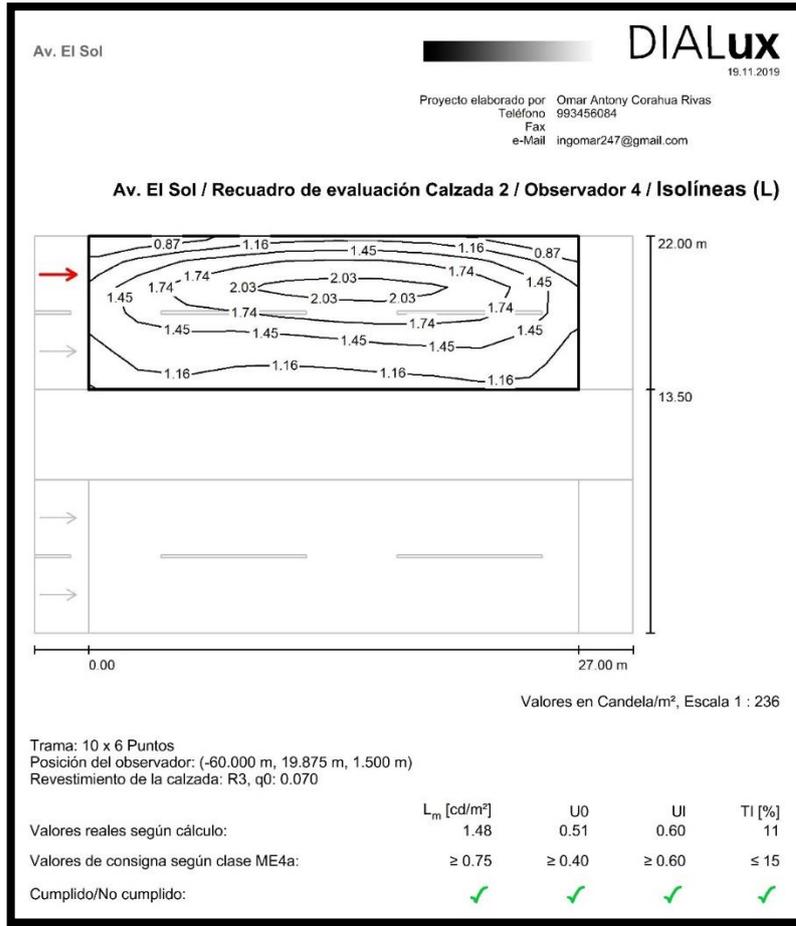
**Av. El Sol / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Observador 3 / Isolíneas (L)**



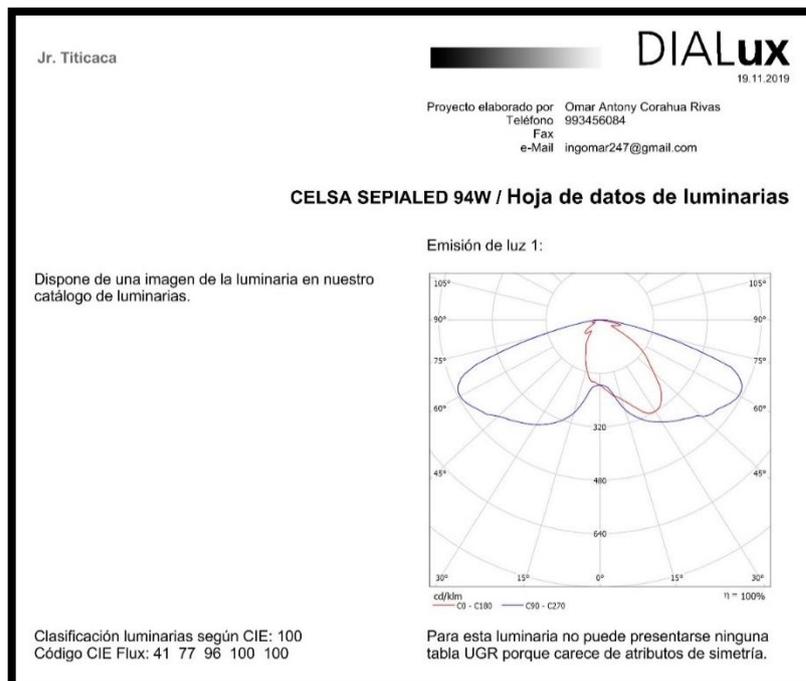
Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 236

Trama: 10 x 6 Puntos  
 Posición del observador: (-60.000 m, 15.625 m, 1.500 m)  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.53	0.42	0.84	11
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓



**ANEXO 16: Simulación Jr. Titicaca**



Jr. Titicaca

**DIALux**  
19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
Teléfono 993456084  
Fax  
e-Mail ingomar247@gmail.com

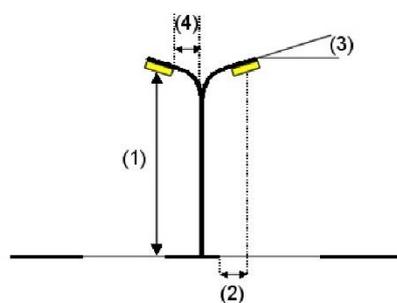
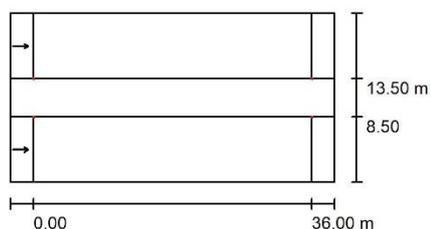
**Jr. Titicaca / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Calzada 2 (Anchura: 8.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
Arcén central 1 (Anchura: 5.000 m, Altura: 0.000 m)  
Calzada 1 (Anchura: 8.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: CELSA SEPIALED 94W  
Flujo luminoso (Luminaria): 10714 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 10729 lm  
Potencia de las luminarias: 94.0 W  
Organización: sobre arcén central  
Distancia entre mástiles: 36.000 m  
Altura de montaje (1): 8.100 m  
Altura del punto de luz: 8.000 m  
Saliente sobre la calzada (2): 2.009 m  
Inclinación del brazo (3): 5.0 °  
Longitud del brazo (4): 2.500 m

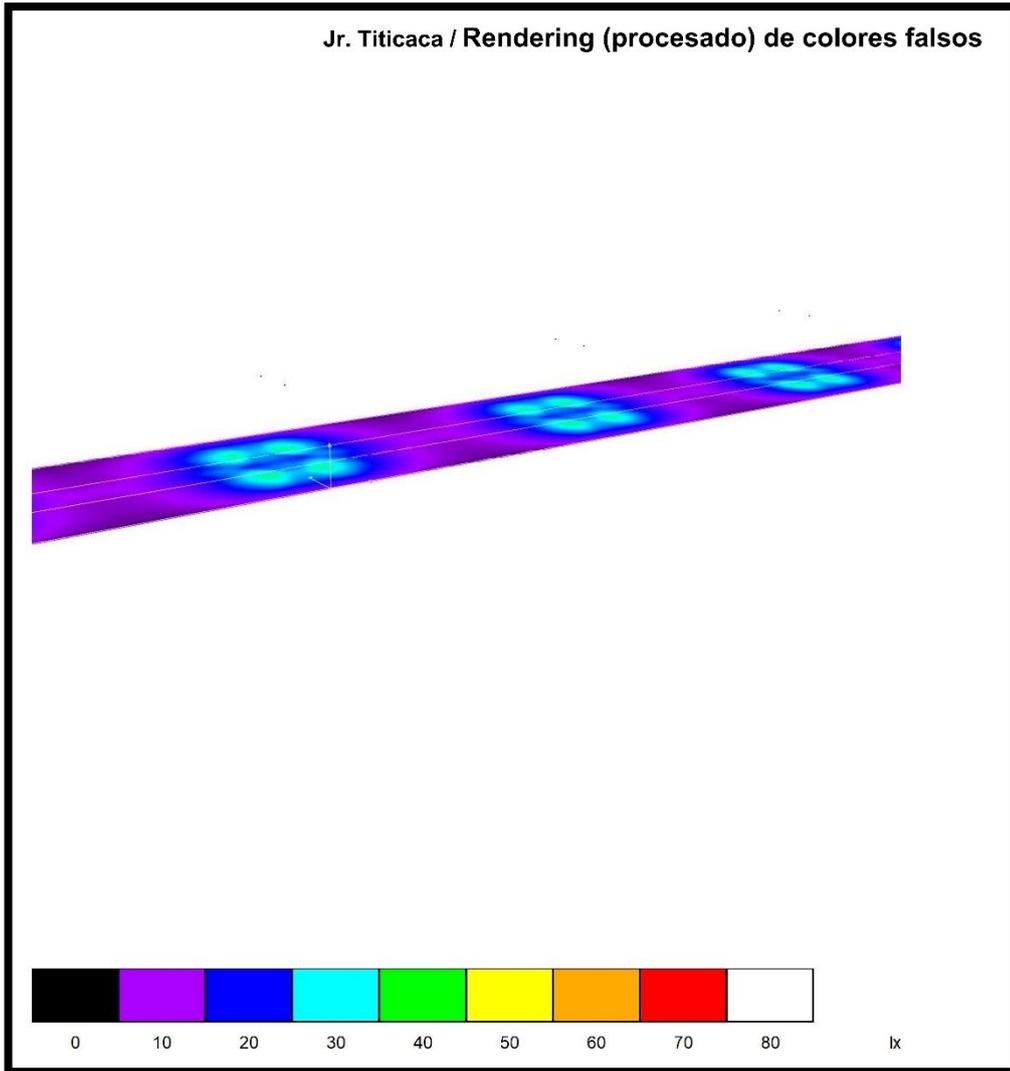
Valores máximos de la intensidad lumínica  
con 70°: 480 cd/klm  
con 80°: 124 cd/klm  
con 90°: 19 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

Jr. Titicaca / Rendering (procesado) de colores falsos



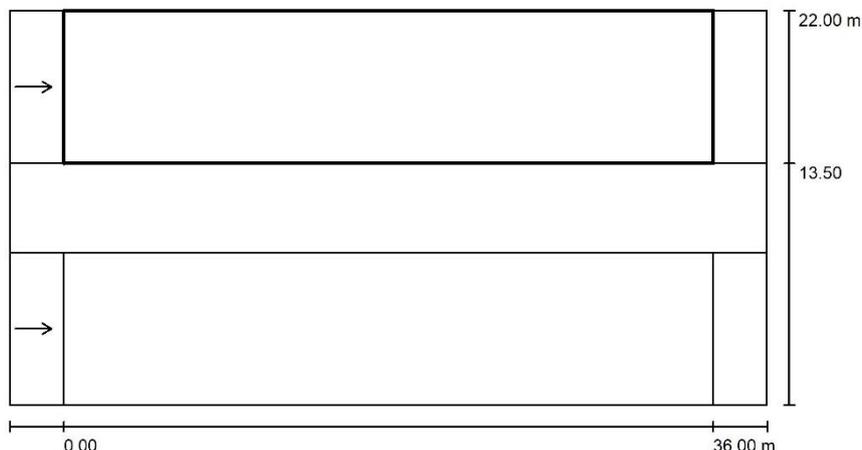
Jr. Titicaca

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Titicaca / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Sumario de los resultados**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:301

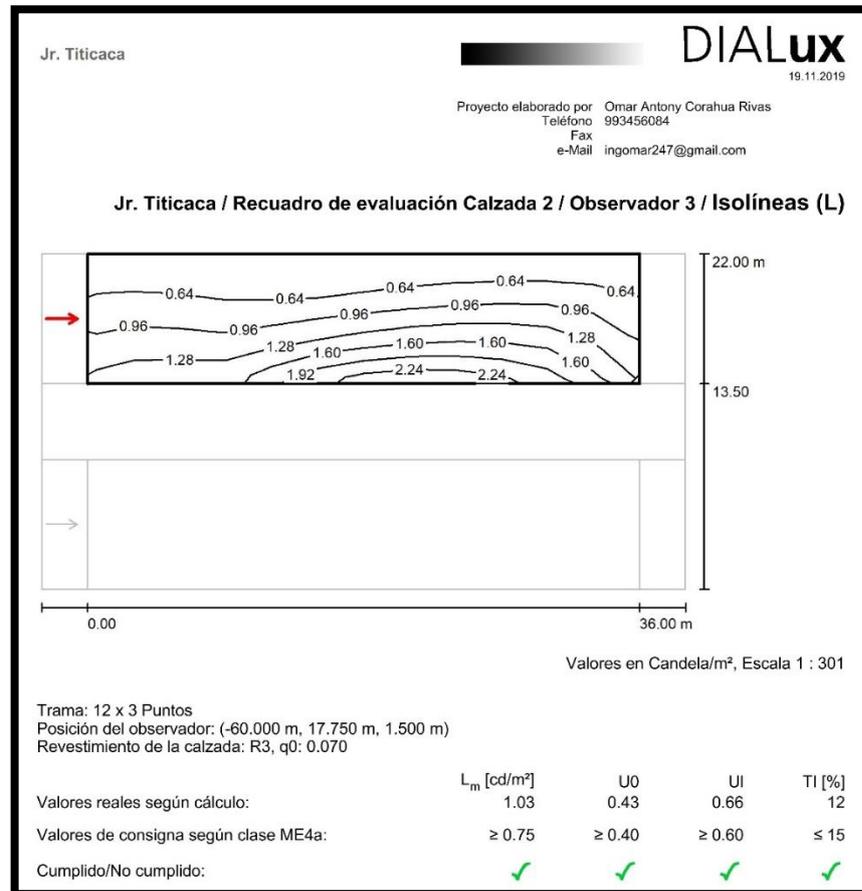
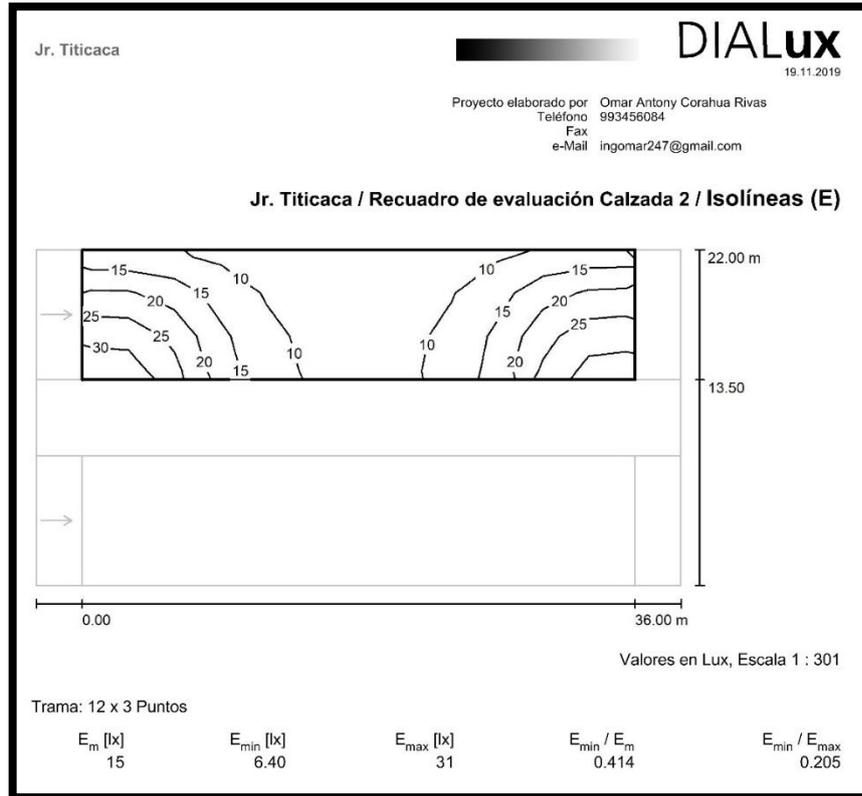
Trama: 12 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

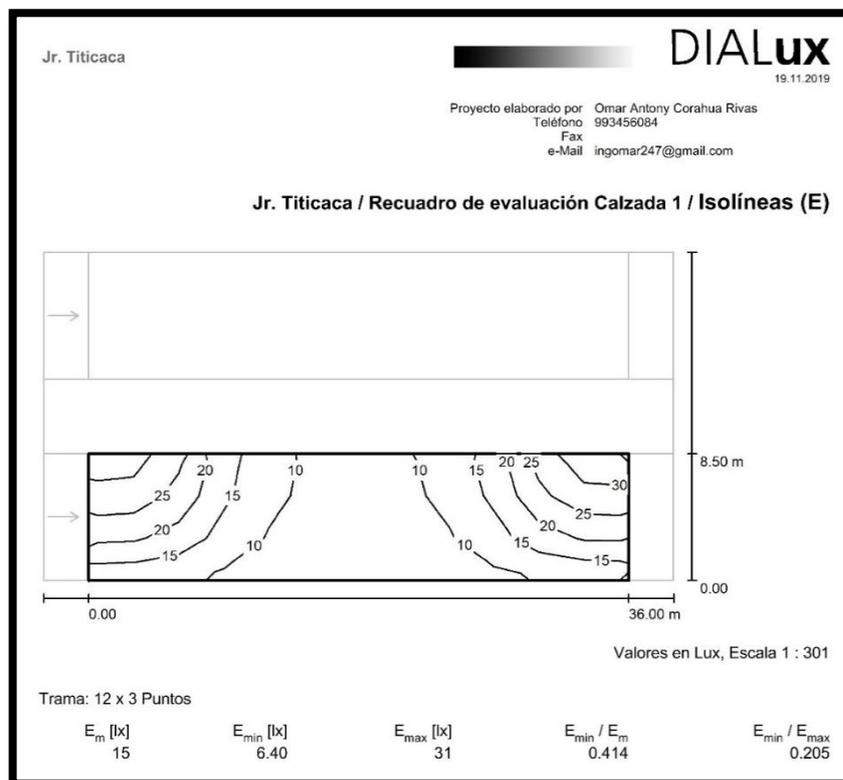
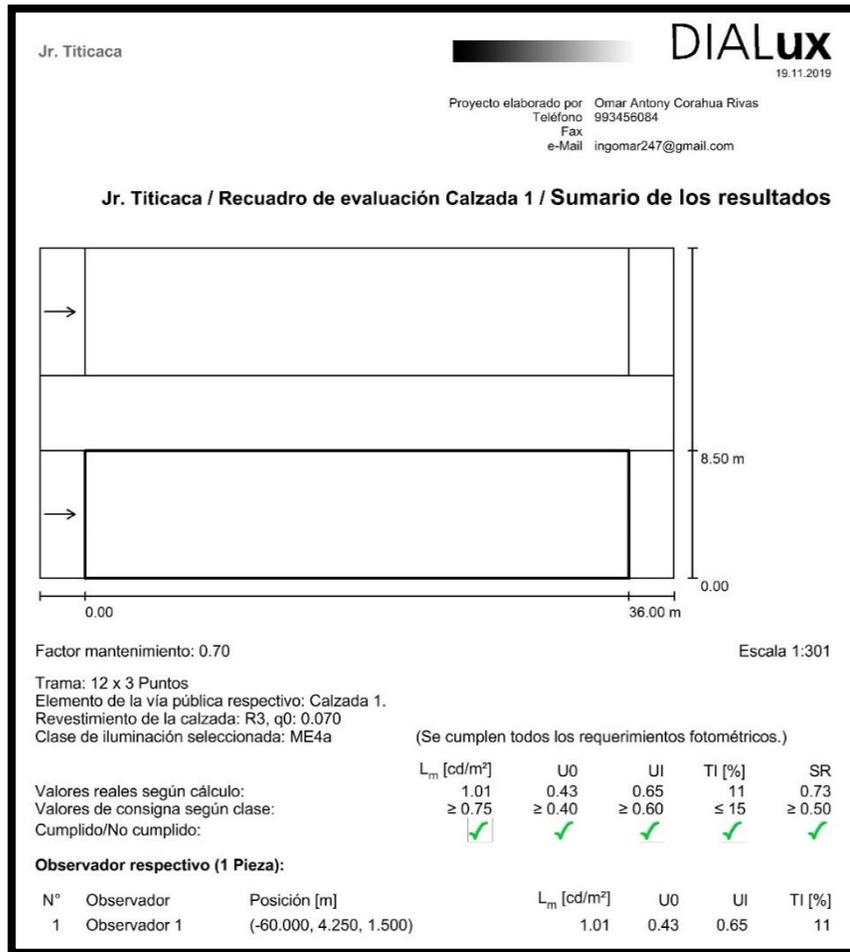
(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	1.03	0.43	0.66	12	0.73
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.60$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	<input checked="" type="checkbox"/>				

**Observador respectivo (1 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 3	(-60.000, 17.750, 1.500)	1.03	0.43	0.66	12





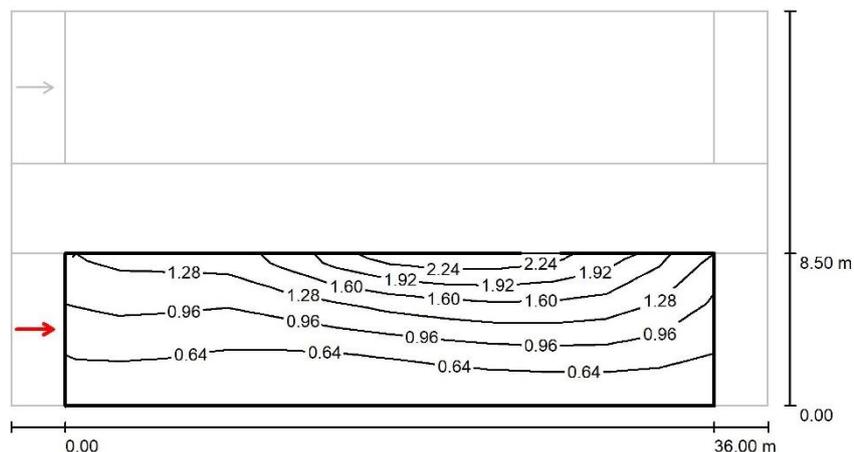
Jr. Titicaca

**DIALux**

19.11.2019

Proyecto elaborado por Omar Antony Corahua Rivas  
 Teléfono 993456084  
 Fax  
 e-Mail ingomar247@gmail.com

**Jr. Titicaca / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)**



Valores en Candela/m<sup>2</sup>, Escala 1 : 301

Trama: 12 x 3 Puntos  
 Posición del observador: (-60.000 m, 4.250 m, 1.500 m)  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	1.01	0.43	0.65	11
Valores de consigna según clase ME4a:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓