

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



TESIS

Evaluación técnico-económica de un sistema de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público.

Para obtener el Título profesional con mención en Ingeniería Eléctrica

Elaborado por

Eddie Aldo Rodrigo, Rojas Sobero

 [0009-0004-2749-727X](https://orcid.org/0009-0004-2749-727X)

Asesor

Dr. Félix Víctor, Cáceres Cárdenas

 [0000-0002-3004-1984](https://orcid.org/0000-0002-3004-1984)

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Rojas Sobero [1]
Referencia/Reference	[1] E. Rojas Sobero, “ <i>Evaluación técnico-económica de un sistema de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público</i> ” [Tesis]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Rojas Sobero, 2024)
Referencia/Reference	Rojas Sobero, E. (2024). <i>Evaluación técnico-económica de un sistema de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público</i> . [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Agradecimientos

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a mis padres por el apoyo y cariño continuo por darme el impulso y consejos para cumplir con el objetivo de titularme además a Electro Ucayali S.A. por su valioso apoyo y colaboración durante el desarrollo de esta tesis.

Resumen

La tesis aborda el problema del mal uso de la iluminación en avenidas principales, proponiendo la implementación de un sistema de telegestión con luminarias LED como solución. Se plantea que este enfoque puede incrementar la optimización del uso de energía, reducir costos y elevar la calidad de alumbrado público. Como resultado, la tesis demuestra la viabilidad técnica y económica del sistema de telegestión con luminarias LED mediante diversos criterios de evaluación comparándola con el sistema de iluminación actual. Las conclusiones respaldan la hipótesis de que el sistema de telegestión con luminarias LED mejorará significativamente el nivel del suministro de iluminación urbana en la avenida Guillermo Sisley. Los métodos de investigación empleados incluyeron la recopilación de datos, la toma de información en campo y el procesamiento y análisis de datos, utilizando diversas herramientas y técnicas para obtener resultados precisos y significativos.

Palabras clave — Alumbrado público, calidad, sistema de telegestión, luminarias LED.

Abstract

The thesis addresses the problem of misuse of lighting on main avenues and proposes the implementation of a remote management system with LED luminaires as a solution. It is argued that this approach can increase the optimization of energy use, reduce costs and raise the quality of street lighting. As a result, the thesis demonstrates the technical and economic feasibility of a remote management system with LED luminaires using various evaluation criteria compared to the current lighting system. The conclusions support the hypothesis that the remote management system with LED luminaires will significantly improve the quality of public lighting service on Guillermo Sisley Avenue. The research methods employed included data collection, field data collection, data processing and analysis, using various tools and techniques to obtain accurate and meaningful results.

Keywords — Street lighting, quality, remote management system, LED luminaires.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	IV
Abstract	V
Introducción	XV
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	2
1.3 Problemas por resolver	3
1.3.1 Problema general	3
1.3.2 Problemas específicos	3
1.4 Objetivos del estudio	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.4.3 Indicadores de logro de los objetivos	4
1.5 Estado del arte	4
1.5.1 Tecnología LED	5
1.5.2 Telegestión	6
1.5.3 Alumbrado público en Perú	6
1.5.4 Normativas	7
1.6 Antecedentes investigativos	8
1.6.1 Internacional	8
1.6.2 Nacional	9
1.7 Hipótesis para el desarrollo	10
1.7.1 Hipótesis general	10

1.7.2	Hipótesis específicas	10
1.8	Matriz de consistencia.....	11
1.9	Alcances	12
1.10	Alternativas de solución	12
1.11	Alternativa elegida.....	13
Capítulo II. Marco teórico y conceptual		14
2.1	Marco conceptual.....	14
2.1.1	Glosario de términos.....	14
2.2	Marco teórico	19
2.2.1	Alumbrado público	19
2.2.2	Tipos de lámparas para alumbrado público	20
2.2.3	Lámparas LED.....	20
2.2.4	Alumbrado público en el Perú.....	23
2.2.5	Ficha de homologación.....	24
2.2.6	Telegestión	25
2.2.7	Sistema de control.....	26
2.2.8	Niveles de un sistema de telegestión.....	27
2.2.9	Sistema de comunicación	28
2.2.10	Telegestión de alumbrado público	30
2.2.11	Marco normativo.....	30
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		36
3.1	Procedimiento establecido	36
3.1.1	Recopilación de datos	36
3.1.2	Toma de información en campo.....	36
3.1.3	Procesamiento y análisis de datos.....	37

3.2	Análisis técnico y físico	38
3.2.1	Análisis técnico.....	38
3.2.2	Análisis físico.....	43
3.3	Formulación y análisis de la solución	46
3.3.1	Tecnologías de Luminarias LED	46
3.3.2	Tecnologías de telegestión	47
3.4	Diagramas de flujo de la solución.....	49
3.5	Desarrollo del software utilizado.....	50
3.5.1	Análisis y selección de Luminarias LED.....	50
3.5.2	Análisis y selección de sistemas de telegestión de alumbrado	60
3.5.3	Método de control propuesto para el sistema de telegestión	62
3.6	Resultados de las luminarias LED.....	66
3.7	Resultados del sistema de telegestión	66
3.8	Análisis económico de consumo de energía	67
3.9	Consumo de energía sin sistema de telegestión con luminarias LED.....	67
3.10	Ahorro de energía con sistema de telegestión con luminarias LED	68
3.11	Reducción de las emisiones de CO ₂	69
3.12	Comparación de la norma nacional vs internacional.....	70
	Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados	71
4.1	Metrado y presupuesto base	71
4.1.1	Suministro	71
4.1.2	Montaje.....	71
4.1.3	Transporte	71
4.1.4	Resumen	72
4.2	Cálculo del retorno de la inversión	72

Conclusiones	74
Recomendaciones	75
Referencias bibliográficas.....	76
Anexos	80

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1:Indicadores.	4
Tabla 2:Matriz de consistencia.....	11
Tabla 3:Tipos de vía según clasificación.....	31
Tabla 4:Tipos de calzado.....	33
Tabla 5:Niveles de iluminación, luminancia e índice de control de deslumbramiento.	33
Tabla 6:Uniformidad de luminancia.....	33
Tabla 7:Uniformidad media de luminancia.	33
Tabla 8:Clases de iluminación para vías vehiculares.....	34
Tabla 9:Requisitos fotométricos por clase.....	34
Tabla 10:Valores mínimos de iluminación (lx).	35
Tabla 11:Asignación estimada de áreas en las categorías comunes.	35
Tabla 12:Datos técnicos de las luminarias actuales.	39
Tabla 13:Datos técnicos de los pastorales actuales.....	40
Tabla 14:Datos técnicos de los postes actuales.....	41
Tabla 15:Características de la Av. Guillermo Sisley.....	42
Tabla 16:Categorización de la Av. Guillermo Sisley.....	43
Tabla 17:Valores de luminancia e iluminación para la Av. Guillermo Sisley.	43
Tabla 18:Niveles de iluminación actual de la Av. Guillermo Sisley.....	45
Tabla 19:Comparación con la norma nacional.	45
Tabla 20:Valores técnicos para la luminaria LED.....	46
Tabla 21:Valores técnicos para los controladores.....	48
Tabla 22:Comparación con los valores requeridos.	50
Tabla 23:Comparación con la norma nacional.	52

Tabla 24:Comparación con los valores requeridos.	53
Tabla 25:Comparación con la norma nacional.	54
Tabla 26:Comparación con los valores requeridos.	55
Tabla 27:Comparación con la norma nacional.	56
Tabla 28:Comparación con los valores requeridos.	57
Tabla 29:Comparación con la norma nacional.	58
Tabla 30:Comparación con los valores requeridos.	59
Tabla 31:Comparación con la norma nacional.	60
Tabla 32:Plan de ahorro de energía.....	65
Tabla 33:Comparación con la norma nacional.	65
Tabla 34:Comparación con la norma nacional.	66
Tabla 35:Ahorro de energía.	67
Tabla 36:Evolución de la tarifa BT5C.....	67
Tabla 37:Consumo de energía de Av. Guillermo Sisley.	68
Tabla 38:Comparación de consumo de energía.....	68
Tabla 39:Factores de emisión de CO ₂	69
Tabla 40:Reducción de Emisiones de CO ₂	70
Tabla 41:Categorización de la Av. Guillermo Sisley.....	70
Tabla 42:Valores de luminancia e iluminación para la Av. Guillermo Sisley.	70
Tabla 43:Comparación con la norma nacional e internacional.	70
Tabla 44:Suministro del sistema de telegestión con luminarias LED.....	71
Tabla 45:Montaje del sistema de telegestión con luminarias LED.....	71
Tabla 46:Transporte del sistema de telegestión con luminarias LED.	71
Tabla 47:Valor referencial del sistema de telegestión con luminarias LED.....	72
Tabla 48:Evaluación económica del sistema de telegestión con luminarias LED.....	73

Tabla 49:Resumen.	73
------------------------	----

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Principales hechos de los inicios del sector eléctrico.	7
Figura 2: Línea de tiempo de las normas en el sector eléctrico.	7
Figura 3: Sistema de alumbrado público.	19
Figura 4: Evolución de tecnología de alumbrado.	21
Figura 5: LED-COB vs. SMD.	22
Figura 6: Proceso de homologación de requerimientos.	24
Figura 7: Controlador de luminaria.	25
Figura 8: Software para supervisar.	26
Figura 9: Programador de luminarias.	30
Figura 10: Niveles de iluminación: Av. Yarinacocha, Sánchez Carrión, Guillermo Sisley.	37
Figura 11: Ubicación.	38
Figura 12: Vista de sección-Av. Guillermo Sisley.	41
Figura 13: Sección de Av. Guillermo Sisley.	42
Figura 14: Vistas de los niveles de iluminación-Av. Guillermo Sisley.	44
Figura 15: Código de colores, rango de niveles de iluminación (lx).	45
Figura 16: Vista geográfica de cobertura del sistema de comunicación existente.	48
Figura 17: Luminaria Schröder AVENTO 1.	50
Figura 18: Distribución fotométrica.	50
Figura 19: Curvas Iso-iluminación [lx].	51
Figura 20: Curvas Iso-luminancia [cd/m ²].	51
Figura 21: Luminaria Philips-BGP283 DM11.	52
Figura 22: Distribución fotométrica.	52
Figura 23: Curvas Iso-iluminación [lx].	53

Figura 24:Curvas Iso-luminancia [cd/m^2].	53
Figura 25:Luminaria LUG Light Factory-URBANO LED.	54
Figura 26:Distribución fotométrica.	54
Figura 27:Curvas Iso-iluminación [lx].	55
Figura 28:Curvas Iso-luminancia [cd/m^2].	55
Figura 29:Luminaria NIKKON-MURA M.	56
Figura 30:Distribución fotométrica.	56
Figura 31:Curvas Iso-iluminación [lx].	57
Figura 32:Curvas Iso-luminancia [cd/m^2].	57
Figura 33:Luminaria NIKKON-SIGMA M.	58
Figura 34:Distribución fotométrica.	58
Figura 35:Curvas Iso-iluminación [lx].	59
Figura 36:Curvas Iso-luminancia [cd/m^2].	59
Figura 37:Foto de la Av. Guillermo Sisley [18:00 hr].	62
Figura 38:Foto de la Av. Guillermo Sisley [18:30 hr].	62
Figura 39:Foto de la Av. Guillermo Sisley [00:00 hr].	63
Figura 40:Foto de la Av. Guillermo Sisley [00:30 hr].	63
Figura 41:Foto de la Av. Guillermo Sisley [05:30 hr].	64
Figura 42:Foto de la Av. Guillermo Sisley [06:00 hr].	64
Figura 43:Curvas Iso-iluminación [lx].	65
Figura 44:Flujo acumulado.	73

Introducción

La presente tesis propone una herramienta innovadora para optimizar la excelencia en el suministro de iluminación urbana en la Av. Guillermo Sisley en el distrito Callería de la provincia Coronel Portillo en la región Ucayali. Se ha identificado que el servicio actual es inadecuado y deficiente, lo cual ha sido validado mediante informes, así como una visita a las infraestructuras y equipamiento de la red de iluminación urbana.

La propuesta de tesis es implementar la tecnología de telegestión con luminarias LED, que representa un recurso para la supervisión y administración de la iluminación, como una forma de mejorar el servicio. Se plantea la hipótesis de que la implementación de la telegestión con luminarias LED mejorará la gestión de la prestación de iluminación pública, reducirá el uso de electricidad y generará ahorros económicos.

Se describe lo tratado en cada capítulo desarrollado en la tesis, que son:

- Capítulo I: Parte introductoria del trabajo.
- Capítulo II: Marco teórico y conceptual.
- Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación.
- Capítulo IV: Análisis y discusión de resultado.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Los sistemas de telegestión con luminarias LED son una tecnología que ha ganado popularidad a nivel mundial debido a sus múltiples beneficios, especialmente en Europa, Aramburu (2020) afirma que “En el continente europeo, el sector de iluminación LED mantiene una expansión constante, alcanzando un incremento por año del 9.5% y superando una tasa de penetración superior del 50%.” (p.3). En América Latina, países como México, Argentina, Brasil y Chile han invertido en proyectos de modernización de su infraestructura de alumbrado público y la telegestión se presenta como una tecnología clave para lograr una gestión más eficiente y sostenible.

En el caso de Perú, como país en vías de desarrollo, la implementación de sistemas de telegestión con luminarias LED está ganando terreno en algunos distritos y ciudades, generando importantes beneficios técnicos, económicos y ambientales. Sin embargo, aún no existe un nivel de implementación de sistemas de telegestión en todas las regiones debido a factores como la falta de políticas y normativas claras en el ámbito de alumbrado público y telegestión.

En la región de Ucayali, la implementación de sistemas de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público y la eficiencia energética es reconocida y promovida por la EDE local (Electro Ucayali). Esta tesis, titulada “Evaluación técnico-económica de un sistema de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público”, tiene como objetivo evaluar la instalación de un sistema de telegestión con luminarias LED para mejorar la calidad de alumbrado público en la Av. Guillermo Sisley en Callería de la provincia Coronel Portillo en la región Ucayali.

Para lograr este objetivo, primero, se efectúa una revisión de la literatura acerca de los sistemas de telegestión, las luminarias LED y el alumbrado público. A continuación, se lleva a cabo una revisión del estado eléctrico, iluminación y eficiencia de las luminarias actuales para identificar los problemas presentes en la calidad de la provisión de iluminación urbana en el área de estudio.

Posteriormente, sugiere la puesta en marcha de un sistema de gestión remota con luminarias LED para mejorar el sistema de iluminación municipal en la zona de estudio. Se parte de la hipótesis de que la implementación de este sistema permitirá mejor la administración de la prestación de iluminación urbana reduce el consumo de electricidad y optimiza los costos económicos.

Para evaluar la factibilidad de la implementación de este sistema, se realiza un estudio técnico-económico que incluye una evaluación integral del sistema de iluminación pública. Los resultados obtenidos permitirán determinar conclusiones y recomendaciones de un novedoso sistema de iluminación controlada a distancia y la viabilidad de su potencial instalación en un porvenir próximo.

1.2 Descripción del problema de investigación

La problemática que se abordará en este trabajo se centra en la calidad del servicio de alumbrado público en la Av. Guillermo Sisley en Callería de la provincia Coronel Portillo en la región Ucayali. Esta zona es abastecida exclusivamente por la empresa concesionaria Electro Ucayali S.A. que, a través de un trabajo de campo en las principales vías de la región, ha detectado deficiencias significativas en los niveles de iluminación y uniformidad que no cumple lo mínimo exigido por la normativa vigente para ese tipo de vías por debajo de lo requerido por OSINERGMIN, el ente fiscalizador, donde podemos notar lo siguiente.

- Hay un bajo nivel promedio de iluminación.
- El coeficiente de uniformidad media es extremadamente bajo, situándose en media inferior de 0.1, cuando debería exceder a 0.4.
- Alta frecuencia de zonas brillantes y sombrías a través de zonas con luz.

Se ha verificado que esta problemática se debe a diversas causas, como el reemplazo de lámparas con potencias y/o características lumínicas que no corresponden a las características de la vía, la falta de uniformidad en los pastores, y la obstrucción de la iluminación por la vegetación. Ante esta situación, se propone la implementación de sistemas de telegestión con luminarias LED para optimizar la administración de la iluminación pública y disminuir el uso de electricidad y disminuir los costos de mantenimiento. Sin embargo, aún no se ha evaluado la viabilidad técnica y económica de esta propuesta para la zona en cuestión. así, la meta de este estudio es llevar a cabo un análisis técnico-económico de la adopción de un sistema de control remoto con luces LED en la Av. Guillermo Sisley y su impacto en la calidad del servicio de alumbrado público. Para ello, se llevará a cabo un estudio detallado de la situación actual de alumbrado público en la zona, se evaluará la factibilidad técnica y financiera de adoptar el sistema de gestión remota con luminarias LED y se analizará el impacto que este tendría en la calidad del servicio de alumbrado público. Con esta información, se podrá determinar si la implementación de este sistema es factible y rentable en esta zona de la región Ucayali.

1.3 Problemas por resolver

1.3.1 Problema general

¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en los costos del servicio de alumbrado público?
- ¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en el ahorro de energía?
- ¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la calidad de iluminación?

1.4 Objetivos del estudio

1.4.1 *Objetivo general*

Evaluar técnico-económicamente en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en los costos del servicio de alumbrado público.
- Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en el ahorro de energía.
- Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la calidad de iluminación.

1.4.3 *Indicadores de logro de los objetivos*

Los parámetros definidos del estudio son: consumo de energía (kW.h) que permite garantizar la eficiencia energética y la sostenibilidad, VAN y TIR, Nivel de Iluminación (lx) como calidad de producto.

Tabla 1

Indicadores.

Objetivo Específico	Indicador de logro	Métrica
Consumo de Energía	40%	kW.h
VAN	>0 (positivo)	S/
TIR	>12%	%.
Nivel de Iluminación	≥10 lx.	lx

Nota: Elaboración Propia.

1.5 Estado del arte

El alumbrado público desempeña un papel esencial en la vida urbana, ya que afecta el bienestar urbano. En este marco, la implementación de sistemas de telegestión con luminarias LED ha ganado interés significativo en la búsqueda de soluciones más eficientes y sostenibles. Se presentará una revisión de investigaciones en esta área.

1.5.1 Tecnología LED

1. En su inicio, se usaban antorchas para iluminar. Luego, se crearon luminarias con aceites y mechas para una iluminación duradera. Ejemplos tempranos incluyen lámparas de terracota en Mesopotamia (7000-8000 a.C.) y lámparas de cobre en Egipto y Persia (2700 a.C.).
2. El alumbrado público a gas comenzó en 1807 cuando Frederick Albert Winsor iluminó una calle en Londres, basándose en investigaciones previas de Philippe Lebon.
3. Los primeros postes de iluminación a gas necesitaban faroleros que las encendieran manualmente al anochecer, pero luego se incorporaron mecanismos de activación automática que encendían la llama al ponerse en funcionamiento el flujo del gas. Los árabes crearon los primeros postes de luz de esta clase.
4. Las primeras lámparas eléctricas en iluminación pública fueron las velas eléctricas, desarrolladas por Pavel Yablochkov en 1875. Utilizaban un arco eléctrico con electrodos de carbón y corriente alterna para garantizar una combustión regular de los electrodos.
5. A finales del siglo XIX, las lámparas de arco eléctrico quedaron obsoletas en la iluminación pública debido al desarrollo de lámparas incandescentes económicas y confiables, donde Thomas Alva Edison encendió su bombilla incandescente en 1879.
6. En la década de 1950, se creó la luminaria de mercurio a alta presión, conocida como HID o Descarga de Alta Intensidad, una lámpara de arco eléctrico con una descarga en gas a alta presión.
7. En los años 70 se creó la luminaria de sodio a baja presión que emite luz monocromática, seguida en los 80 por la luminaria de sodio a alta presión, que emite luz ámbar y presenta un mejor índice de eficiencia cromático.
8. En la actualidad, las ciudades optan mayoritariamente por luminarias LED debido a su eficiencia energética. Estudios han evidenciado que las luminarias LED

pueden disminuir el uso de energía en más de un 50% en relación con tecnologías tradicionales como el vapor de sodio.

1.5.2 Telegestión

1. Durante los 2000, los avances en tecnología de comunicaciones y sensores impulsan el desarrollo de sistemas de telegestión. Estos sistemas pueden monitorear el estado de las luminarias y realizar diagnósticos de fallos.
2. Con la aparición de la Internet de las Cosas (IoT), que la IEEE define como "un sistema en el que entidades, incluyendo dispositivos cibernéticos, recursos de información y personas, intercambian información e interactúan con el entorno físico a través de la detección, procesamiento, informe y acción", los sistemas de telegestión han avanzado significativamente. Estos sistemas tienen la capacidad de conectarse a sensores de movimiento, luminosidad y condiciones ambientales, permitiendo así la adaptación en tiempo real de la iluminación.
3. La adopción generalizada de luminarias LED combinado con los sistemas de telegestión un control preciso y remoto de las luminarias, lo que optimiza la eficiencia energética a través de programación horaria, atenuación y detección de movimientos.

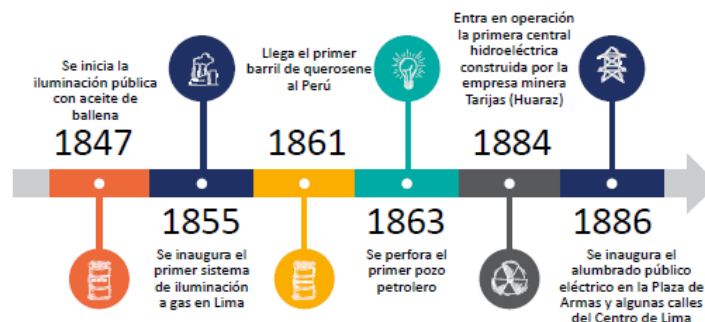
1.5.3 Alumbrado público en Perú

Tamayo et al. (2016) hace mención a hitos claves en la industria eléctrica peruana, comenzando en 1884 con la primera central hidroeléctrica en Yangas (Huaraz), En 15 de mayo de 1886, durante la presidencia del general Andrés A. Cáceres, se inauguró la iluminación urbana en la Plaza de Armas y algunas vías del centro de Lima a cargo de PECSC, generándose un conflicto con la Empresa del Gas (EdG), la cual tenía a cargo el sistema de iluminación a gas en Lima en ese momento contando con 2203 luminarias de gas en residencias y 5219 en estructuras y en iluminación pública, finalmente adquirió la instalación de PECSC y brindó a los consumidores la conversión de gas a energía eléctrica. La expansión del uso práctico de la eléctrica llegó a otras ciudades, como Arequipa en

1898, donde la compañía Luz Eléctrica de Arequipa dio inicio al sistema de iluminación de la Plaza de Armas.

Figura 1

Principales hechos de los inicios del sector eléctrico.



Nota: OSINERGMIN.

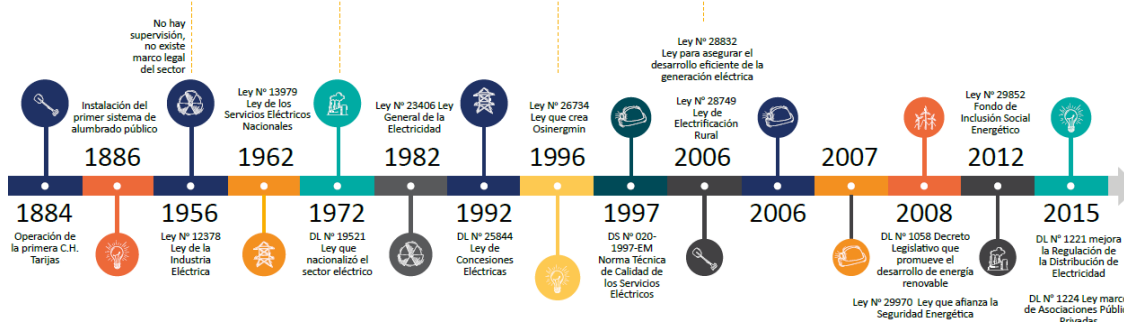
Actualmente se han llevado a cabo numerosos proyectos de implementación de telegestión con luminarias LED en ciudades de todo el mundo, como Barcelona, Los Ángeles y Singapur estos casos de estudio proporcionan información valiosa sobre los desafíos y beneficios en situaciones del mundo real.

1.5.4 Normativas

Adicionalmente, Tamayo et al. (2016) [3], se destaca la evolución de las normas eléctricas en el país la cuales son un proceso crucial que ha estado en constante cambio a lo largo de la historia. Estas normativas desempeñan un papel esencial en la regulación, seguridad y eficiencia de la infraestructura eléctrica, es esencial explorar su trayectoria histórica.

Figura 2

Línea de tiempo de las normas en el sector eléctrico.



Nota: OSINERGMIN.

1.6 Antecedentes investigativos

el sistema de iluminación urbana constituye un servicio esencial en la sociedad, ya que va a permitir que los ciudadanos se desplacen en horas de la noche por la vía pública con mayor seguridad, de esta manera se realizó la búsqueda de investigaciones sobre el uso de telegestión con luminarias LED en el alumbrado público:

1.6.1 Internacional

En la tesis cuyo título es “Plan piloto de telegestión para control de alumbrado público para la vía Cuenca - Descanso.” el autor menciona que constituye un recurso valioso para la administración de la iluminación urbana, dado que se trata de un sistema adaptable que simplifica la activación y desactivación, o la posibilidad de ajustar de manera individual el flujo que emite cada luminaria en cualquier instante. (Encalada Espinoza, 2012).

En la tesis cuyo título es “Solution for modrnizing the public street lighting system with LED type lamps and remote management.” el autor menciona que la sustitución de las lámparas convencionales por luminarias LED en las vías principales, con el objetivo de cumplir con el estándar de iluminación M5, garantiza una mejor iluminación en la calle de mayor tránsito y ofrece características que se mantendrán a lo largo del tiempo, lo que resultará en una reducción de los costos de mantenimiento. Además, se espera que la implementación del nuevo sistema de telegestión, que utiliza el protocolo de comunicación LoRa, reduzca el número de inspecciones, el tiempo de limpieza, la duración de las intervenciones y el tiempo de inactividad, lo cual contribuirá a la disminución de los costos de mantenimiento y electricidad debido a la alta eficiencia de las luminarias. Se estima un costo anual de energía de 130 €/MW.h teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento de las lámparas. (Duinea & Stan Ivan, 2021).

En el artículo técnico cuyo título es “Evolución del alumbrado público en la ciudad de Rosario-Argentina.” Se describen las medidas administrativas y tecnológicas adoptadas en la localidad de Rosario desde el establecimiento de la Oficina de Iluminación Pública en 1990. Este enfoque de gestión ha sido constante durante 30 años y ha llevado a la

implementación de un mecanismo de telegestión en Rosario, que, junto con las inspecciones correspondientes, ha logrado un índice de apagado inferior al 1%. Este sistema de telegestión cubre más de 90,000 dispositivos de iluminación, convirtiéndose en la segunda red de iluminación más grande de Argentina, con un registro exhaustivo de las instalaciones que incluye la recopilación de 41 registros por cada luminaria. La evaluación diaria del nivel de desactivación y la supervisión a través de la telegestión ha sido factible gracias a la capacitación del personal encargado de esta tarea, siendo este el primer paso hacia una gestión continua centrado en la calidad del servicio. (Deco, 2020).

1.6.2 Nacional

En el trabajo “Propuesta de implementación de un sistema de telegestión de alumbrado público para el campus universitario de la Universidad de la Nacional de Ingeniería” se determina que, es fundamental evaluar el funcionamiento del sistema de iluminación para mejorar el ahorro energético, como se evidenció en el análisis de sensibilidad. Donde se menciona que los costos de alumbrado público abarcan el pago al proveedor, el mantenimiento y el reemplazo de equipos. La tecnología actual representa altos gastos eléctricos debido a las luminarias convencionales, que requieren más potencia y tienen una vida útil más corta que las tecnologías nuevas. Con luminarias LED, se logra un ahorro del 69% con telegestión y del 36% solo con LED. (Segama Salvatierra, 2017).

En la tesis titulada “Ahorro energético en alumbrado público con el desarrollo de un prototipo de sistema de telegestión remoto para lámparas tipo LED de la empresa eléctrica EMELNORTE S.A.”, el escritor sostiene que, para implementar un sistema de telegestión con una red de transmisión de datos, es aconsejable gestionar la supervisión del registro de información contratada, ya que la carga manejada por el controlador aumenta en proporción al número de luminarias LED. Además, una vez que los sistemas de comunicación estén en su lugar, es viable optimizar aún más el sistema de telegestión mediante la inclusión de sensores y dispositivos de detección de movimiento. También es posible integrar cámaras de seguridad y equipos de protección para mejorar la calidad del servicio. (Flore Lora, 2018).

En la tesis titulada “Análisis técnica-económica de sistemas de telegestión para la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno” se concluyó que, la incorporación de un sistema de control remoto para la iluminación de áreas verdes mediante dispositivos de iluminación LED es totalmente factible desde la perspectiva técnica y financiera, y se encuentra en línea con las tendencias del mercado vigente. Se ha comprobado que con este enfoque se consigue una reducción en el consumo de energía que supera el 50%. Además, al calcular el VAN y la TIR, se ha evidenciado la viabilidad de la implementación de dicho sistema de telegestión. (Jinchuña Illa, 2020).

1.7 Hipótesis para el desarrollo

1.7.1 *Hipótesis general*

El sistema de telegestión con luminarias LED mejorará significativamente la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal.

1.7.2 *Hipótesis específicas*

- El sistema de telegestión con luminarias LED reducirá significativamente los costos del servicio de alumbrado público.
- El sistema de telegestión con luminarias LED aumentará significativamente el ahorro de energía.
- El sistema de telegestión con luminarias LED mejorará significativamente la calidad de iluminación.

1.8 Matriz de consistencia

Tabla 2

Matriz de consistencia.

Problemas por resolver	Objetivos	Hipótesis	Variables		Indicadores	Método empleado
			Dependiente	Independiente		
General	General	General				
¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal?	Evaluar técnico-económicamente en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal.	El sistema de telegestión con luminarias LED mejorará significativamente la calidad del servicio de alumbrado público en una avenida principal.				
Específicos	Específicos	Específicos	-Calidad del servicio de alumbrado público. -Costos del servicio ahorro de energía. -Calidad de iluminación.	-Sistema de telegestión con luminarias LED. -Eficiencia energética. -Costos de instalación y mantenimiento.	-Consumo de energía. -VAN y TIR. -Estado del alumbrado. -Nivel de iluminación.	-Mediciones en campo. -Análisis luminotécnico. -Análisis de consumo de energía eléctrica. -Análisis económico de la propuesta.
¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en los costos del servicio de alumbrado público?	Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en los costos del servicio de alumbrado público.	El sistema de telegestión con luminarias LED reducirá significativamente los costos del servicio de alumbrado público.				
¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en el ahorro de energía?	Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en el ahorro de energía.	El sistema de telegestión con luminarias LED aumentará significativamente el ahorro de energía.				
¿En qué medida el sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la calidad de iluminación?	Evaluar en qué medida un sistema de telegestión con luminarias LED influirá en la calidad de iluminación.	El sistema de telegestión con luminarias LED mejorará significativamente la calidad de iluminación.				

1.9 Alcances

El trabajo tiene como objetivo principal implementar un sistema de telegestión con luminarias LED en la Av. Guillermo Sisley utilizando la información proporcionada por la empresa concesionaria Electro Ucayali S.A. para comprender las características, el funcionamiento y la ubicación de las luminarias existentes. Donde para la selección de las luminarias adecuadas, se realizarán simulaciones utilizando el software DiaLux y se considerarán los listados de los suministradores más destacados de sistemas de alumbrado.

También se ha sugerido la instalación de un sistema de control remoto, que incluye un dispositivo (junto a un software) de control y monitoreo de las luminarias de alumbrado público en conjunto con un perfil de control de iluminación nos brindara la oportunidad de realizar un análisis de ahorro energético.

Los datos recopilados se utilizarán junto con los precios de los equipos utilizados para realizar un análisis costo-beneficio. Esto permitirá proyectar el ahorro energético en función del porcentaje de ahorro obtenido y determinar la viabilidad.

1.10 Alternativas de solución

1. Reemplazar las luminarias actuales por otras de Vapor de sodio de mayor potencia, lo cual presentaría un incremento de potencia instalada y finalmente no soluciona los problemas de uniformidad.
2. Reemplazo con Luminarias LED convencionales de potencia similar, lo cual si bien es cierto podría mejorar los niveles de iluminación y eventualmente corregir la uniformidad, mantendría la misma potencia instalada.
3. Reemplazo con Luminarias LED de alta eficiencia que permite incrementar los niveles de iluminación, corregir la uniformidad y bajar la potencia instalada además de se puede incorporar elementos de telegestión que permitan un manejo más eficiente de la potencia de operación por rangos horarios posibilitando ahorros energéticos superiores al 30 % adicional.

1.11 Alternativa elegida

En el proceso de evaluación de soluciones para este trabajo, se analizaron tres alternativas. Tras una evaluación exhaustiva de las tecnologías disponibles y su adecuación a nuestro contexto, concluimos que la tercera alternativa es la única viable tanto desde una perspectiva técnica como económica.

Esta alternativa implica la instalación de luminarias LED además de la integración de un sistema de telegestión, lo que no solo reducirá significativamente el consumo de energía, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental, alineándose con nuestros objetivos de reducción de emisiones de CO₂ y costos a largo plazo. Adicionalmente, respaldaremos esta alternativa mediante un análisis de retorno de inversión que demuestra su viabilidad económica a lo largo de su vida útil estimada.

En cuanto a las normativas para el proceso de selección, proponemos utilizar las especificaciones mínimas del MINEM como base, para incorporar un esquema de evaluación que favorezca la elección de luminarias, priorizando la eficiencia lumínica y la uniformidad de la iluminación, factores directamente relacionados con un mayor ahorro energético y la mejora de los niveles de iluminación.

Dentro de la telegestión, sugerimos analizar las opciones con protocolo RPMA debido a que Electro Ucayali S.A. ya cuentan con plataforma de gestión. Además, consideramos la alternativa de utilizar la telegestión con tecnología de comunicaciones LPWAN, que puede resultar más eficiente tanto desde una perspectiva técnica como económica.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Marco conceptual

2.1.1 *Glosario de términos*

EDE. "Empresa de Distribución Eléctrica", Hace referencia a una entidad encargada de la provisión de energía eléctrica en un área específica.

OSINERGMIN. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

MINEM. Ministerio de Energía y Minas, una entidad gubernamental encargada de formular y aplicar las políticas nacionales en materia de energía y minería.

Norma Técnica DGE. Es una especificación técnica desarrollada por la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas del Perú, que establece los requisitos y criterios para la elaboración de proyectos de electrificación rural y suburbana en el país.

Ficha de Homologación. Es un documento que certifica que un determinado producto o equipo cumple con los requisitos técnicos y normativos establecidos por las autoridades o entidades competentes.

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Es una organización internacional que se dedica al estudio científico y tecnológico de la luz y el color.

RETILAP. "Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público", Una regulación colombiana que define los requisitos técnicos y de seguridad para la iluminación en espacios públicos y privados.

Iluminación. Acción o efecto de iluminar.

Fuente luminosa. Es un aparato que genera energía radiante capaz de estimular la membrana interna del ojo y generar una percepción visual.

Bombilla o lámpara. Término general para referirse a una fuente luminosa creada por el ser humano, además se utiliza para señalar orígenes que desprenden energía en áreas del rango de longitudes de onda cercanas a la parte visible. Puede equipararse a la descripción de dispositivo de iluminación.

Lumen (lm). unidad del flujo de luz en el SI. Desde el punto de vista radiométrico, se establece a partir de la energía radiante; desde la perspectiva fotométrica, corresponde al flujo de luz radiado dentro de un ángulo tridimensional (un estereorradián) emitido por un origen puntual con una intensidad de luz invariable de una candela.

Lux (lx). Unidad de luz en el SI. Un lux corresponde a un lumen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$).

Candela (cd). Unidad de intensidad luminosa en el Sistema Internacional (SI). Una candela equivale a un lumen por estereorradián. Se describe como la fuerza de luz en una orientación específica de un emisor que irradia radiación monocromática a una frecuencia de $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ y cuya energía radiante en esa dirección es de $1/683 \text{ W}$ por estereorradián.

El flujo luminoso (Φ). o energía lumínica, se define como la magnitud de brillo que irradia un emisor en todas las orientaciones, con una unidad de medición en lúmenes (lm), donde 1 lm equivale a $1/683 \text{ W}$.

Nivel de iluminación o iluminancia (E). Se define de la misma manera que la proporción entre el flujo luminoso que incide sobre un plano y su extensión correspondiente (m^2), donde $E = \Phi / A$. Su unidad de medición es el lux.

Intensidad luminosa (I). Se define como la proporción entre el flujo de luz proyectado y el ángulo espacial en esa orientación (ω). Se trata del flujo de luz percibido hacia una dirección particular, y su unidad de medida es la candela (cd), donde $I = \Phi / \omega$.

Luminancia (L). Es la intensidad luminosa que se refleja en una superficie hacia la vista del observador. Su unidad de medición es la candela por metro cuadrado (cd/m^2), donde $L = I / A$.

Eficacia luminosa de una fuente. Es la proporción entre la totalidad del flujo de luz irradiado por un emisor de luz y su potencia. La eficacia de un emisor se indica en lúmenes por watts (lm/W).

Coeficiente de uniformidad de luminancia (U). Magnitud de la fluctuación de la luminancia en un plano específico, representada en uno de los valores a continuación.

- Conexión entre la luminancia mínima y la media.
- Conexión entre la luminancia mínima y la máxima.

Coeficiente de uniformidad media de luminancia (U_o), Proporción entre la luminancia mínima y la luminancia media en el plano de una vía, donde $U_o = L_{\min}/L$ en (%).

Coeficiente de uniformidad longitudinal de luminancia (U_l). El valor mínimo de la proporción L_{\min}/L_{\max} a lo largo de un eje principal que está alineado con el eje de la carretera y que cruza la ubicación del espectador y se encuentra en la mitad de cada carril de circulación.

Instalación de iluminación. Comprenden los elementos necesarios para proporcionar luz en espacios interiores y exteriores, incluyendo circuitos eléctricos, fuentes de luz, luminarias y dispositivos de control. Estas instalaciones se utilizan en bienes de uso público o privado y están reguladas por el presente Reglamento, que establece sus límites y definiciones.

Sistema de iluminación. elementos de la configuración y sus interconexiones para su uso y desempeño.

Servicio público. Es el suministro continuo de energía eléctrica para uso colectivo y de interés público.

Calidad de alumbrado público. Parámetros que definen la eficiencia, uniformidad, nivel de iluminación, distribución de la luz y rendimiento del sistema de alumbrado público en una determinada área.

Niveles Mínimos de iluminación. Se refieren a la cantidad de iluminación requerida para realizar una tarea específica en un área o vía determinada, y son establecidos por una norma o estándar. Estos niveles garantizan que el ambiente esté correctamente iluminado para cumplir con las necesidades visuales de la actividad realizada.

Vida útil (de una fuente luminosa). Tiempo de funcionamiento eficaz de un dispositivo que funciona en situaciones y períodos de operación estándar hasta que su emisión de luz llegue al 70% del total.

Depreciación lumínica. Reducción progresiva de la emisión luminosa a lo largo de la vida útil de una fuente luminosa.

Mantenimiento (del flujo luminoso). Acción de conservar o permanecer, asegurando su continuidad. Conjunto de intervenciones (correctiva o preventivas) y cuidados esenciales para que las instalaciones sigan operando adecuadamente.

Control de luminarias. Capacidad de monitorear y ajustar de forma remota el funcionamiento de las luminarias, como el encendido/apagado, nivel de iluminación y horarios de operación, mediante un sistema de telegestión.

Protocolo de comunicación. Conjunto de reglas y normas que definen cómo los dispositivos de un sistema de telegestión se comunican entre sí.

Horas de suministro. Cantidad de horas diarias de servicio eléctrico que ofrece la empresa.

Racionamiento. Es la situación en la que se limita el suministro del servicio eléctrico debido a la insuficiencia de capacidad o fallas en las instalaciones de generación.

Perfil de control. Es un conjunto de estrategias y acciones para mejorar la eficiencia energética. Su propósito es disminuir el consumo de energía mediante medidas como la optimización de horarios y la gestión del consumo según la demanda real.

Peatón. Individuo que se desplaza caminando por una vía.

Vehículo. Cualquier dispositivo con discos que facilita el traslado de individuos, seres vivos o bienes de un sitio a otro por vías terrestres públicos o privados accesibles al público.

Vía. Área de carácter comunitario o particular, abierto al acceso colectivo, diseñada para la circulación de automóviles, individuos y animales.

Carretera. Vía destinada a facilitar el desplazamiento de automóviles, con estándares adecuados de protección y confort.

Autopista. Vía con carriles divididos, cada uno con múltiples vías, supervisión total de entrada y salida, cruces a distintos niveles o a través de accesos y salidas directas a otras vías con límites de velocidad mínima y máxima establecidos por cada vía.

Vía arteria o avenida. camino dentro de una red de transporte urbano que otorga prioridad al tránsito vehicular sobre otras vías, excepto las ferroviarias y autopistas.

Sistema vial. sistema organizado de calles en una localidad o zona que facilita el desplazamiento y establece vínculos con la red de carreteras regionales y nacionales.

Evaluación técnico-económica. Proceso que involucra el análisis detallado de aspectos técnicos y económicos de un sistema o proyecto, incluyendo la evaluación de su desempeño, costo, beneficios y viabilidad, con el fin de tomar decisiones informadas y fundamentadas.

Viabilidad económica. Consiste en analizar la conexión entre los gastos y las ventajas de un sistema o iniciativa. Se consideran los gastos de capital, funcionamiento y conservación, de igual manera los beneficios obtenidos a través del ahorro de energía y la reducción de costos de mantenimiento.

Valor Actual Neto (VAN). Es una técnica utilizada en finanzas y evaluación de proyectos para determinar el valor actual de los ingresos de efectivo venideros generados por una inversión, descontando los costos de capital.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es una medida económica utilizada para analizar la viabilidad financiera de un plan de inversión. Representa la tasa de interés a la que el flujo de efectivo futuro del proyecto se iguala con su inversión inicial.

2.2 Marco teórico

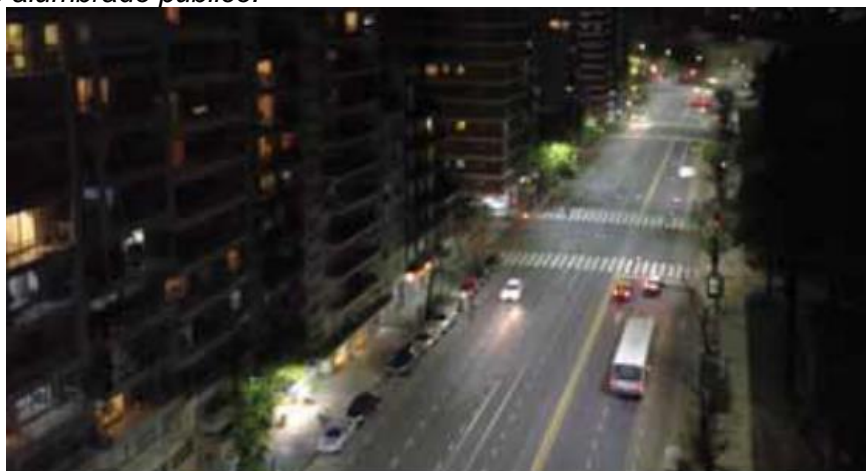
2.2.1 Alumbrado público

Servicio de alumbrado público. se refiere al servicio público que no es residencial destinado a ofrecer únicamente el alumbrado de áreas de acceso general y otros lugares de tránsito sin restricciones con movimiento de vehículos o personas a pie, tanto en zonas urbanas como rurales de un municipio o distrito. Esta prestación abarca la provisión de electricidad para el sistema de iluminación pública, la gestión, funcionamiento, conservación y actualización, reemplazo y ampliación del sistema de iluminación urbana.

Sistema de alumbrado público. Incluye el conjunto de dispositivos de iluminación, sistemas eléctricos y transformadores y en términos generales, todos los dispositivos esenciales para ofrecer la iluminación en áreas públicas, los cuales no están vinculados a las redes de uso general del sistema de suministro eléctrico.

Figura 3

Sistema de alumbrado público.



Nota: Revista Luminotecnia.

2.2.2 Tipos de lámparas para alumbrado público

De halogenuros o elementos adicionales metálicos. bombillas compuestas mediante vapor de mercurio a elevada presión y haluros; durante su funcionamiento los halogenuros se vaporizan, lo que facilita la dispersión de la luz.

De vapor de sodio de baja presión. estas bombillas se encuentran entre las más eficaces en el uso de electricidad, aunque presentan bajos niveles de IRC (índice de radiación cromática). La radiación visible se produce después de la liberación de electricidad dentro del conducto, generalmente con forma de U, que alberga vapor de sodio a baja presión y otros elementos.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión. Estas bombillas, en contraste con las luminarias de vapor de sodio a baja presión, enfrentan circunstancias operativas más demandantes, como elevadas temperaturas (1000°), altas presiones y desafíos químicos generados por el sodio en el interior del tubo de descarga.

2.2.3 Lámparas LED

Estas lámparas se describen como un dispositivo de iluminación que distribuyen, filtran y transforman la iluminación generada por uno o varios módulos LED (Light Emitting Diode), semiconductor que, al ser cruzados por electricidad, producen energía lumínica en forma de fotones. Contienen todos los elementos requeridos para el soporte, la sujeción y la salvaguarda de la fuente luminosa, junto con los equipos eléctricos indispensables para su adecuado desempeño.

La iluminación LED ya no es una tendencia o una moda pasajera, hoy es una realidad aplicada con éxito en diversas áreas industriales, públicas y privadas, por su enorme eficiencia y versatilidad.

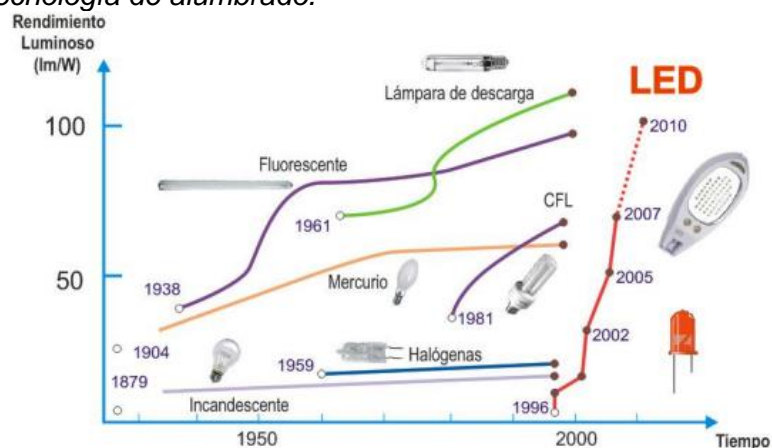
La tecnología LED proporciona muchas ventajas respecto a las tecnologías de iluminación de generaciones previas como la de Vapor de sodio.

- Mayor iluminación resultante por watt consumido (mayor eficiencia).
- No representa peligro a la salud de los operarios al no contener elementos químicos.

- Disminuye significativamente los costos operacionales ya que poseen un ciclo de vida mucho más largo, siendo como mínimo de 50,000 horas, por lo que su tiempo de reemplazo es bastante más largo respecto a las tecnologías actuales.
- Al ser una tecnología mucho más eficiente contribuye de manera significativa a la reducción de emisiones por lo que es mucho más amigable con el medio ambiente.
- Tiene posibilidad de elegirse un rango mucho más grande de color de operación lo que posibilita mejorar la percepción de iluminación con el uso de una luz ligeramente más blanca que la actual, permitiendo la identificación visual de mayor numero de detalles por parte del usuario de alumbrado público.

Figura 4

Evolución de tecnología de alumbrado.



Nota: OSINERGMIN.

Módulos LED. Sistema compuesto por uno o varios diodos emisores de luz (LED) individuales, que permite la incorporación de otros componentes como placas de circuito, dispositivos para la disipación de calor, sistemas de lentes y enlaces eléctricos. El elaboración y cualidades afectarán las especificaciones y los aseguramientos ofrecidos por el productor.

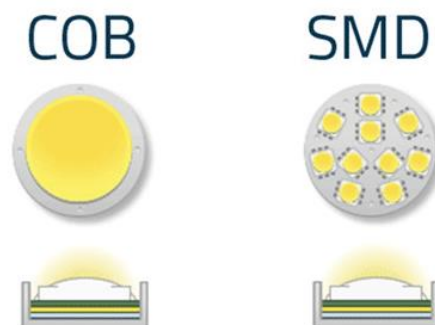
Montaje de los módulos LED. Hay dos clases de organización de diodos emisores de luz (LED) en luminarias, las cuales son:

Tecnología chip on board (COB). Se trata de una técnica de encapsulado de diodos emisores de luz (LED) destinada a sistemas de iluminación. Múltiples chips LED son agrupados en un solo paquete, formando un módulo luminoso. Cuando se activa, se visualiza como un solo panel de iluminación, incrementando hasta 10 veces la superficie iluminada.

Tecnología de montaje en superficie (SMD). Los LED se encuentran colocados de manera directa acerca del área de las placas de circuitos impresos (PCB). Donde una PCB es una placa plana empleada para conectar y proveer soporte eléctrico a componentes electrónicos.

Figura 5

LED-COB vs. SMD.



Aplicaciones de la tecnología LED para iluminación de las avenidas. En la actualidad, las características favorables de los LED han impulsado su diversa aplicación dentro de la ingeniería eléctrica (iluminación), La versatilidad de esta solución la ha convertido en una opción muy adaptable en distintos contextos por ejemplo el diseño de ambientes interiores (hogar, oficinas e industrias) como exteriores. Las aplicaciones de la tecnología LED abarcan:

- iluminación de los espacios en el hogar: habitaciones, estancias, áreas extensas, escaleras, entradas, patios, etc.

- Iluminación de los ambientes empresariales: Áreas laborales, salones de reuniones, salas de comedor de empleados, salas de clases de formación, escalones de escaleras, etc.
- Iluminación de los ambientes industriales: Almacenes, hangares, áreas de labor industrial, etc.
- Incorporación de los ambientes diseños arquitectónicos, ya sean comunitarios o particulares, en inmuebles y obras en general.
- Integración en el alumbrado de caminos, vías y zonas de circulación colectivo.

Para la correcta aplicación de la tecnología LED para la iluminación de las avenidas y parques a intervenir es necesario efectuar el correcto estudio de resultado lumínico de cada una de las vías a intervenir en función de sus características geométricas más resaltantes, con el propósito de garantizar el resultado lumínico esperado.

- Tipificación de la vía.
- Ancho de vía.
- Distribución de los postes.
- Vano entre los postes.
- Altura de las luminarias.
- Tamaño de los pastores.

Además, para el sector público se debe seguir los requerimientos conforme a las disposiciones establecidas en las fichas homologadas dentro de la normativa (Resolución N°015-2020-MINEM/DM, 2020; Resolución N°415-2018-MINEM/DM, 2018 y actualización) para luminarias LED de alumbrado público aprobadas para el sector público.

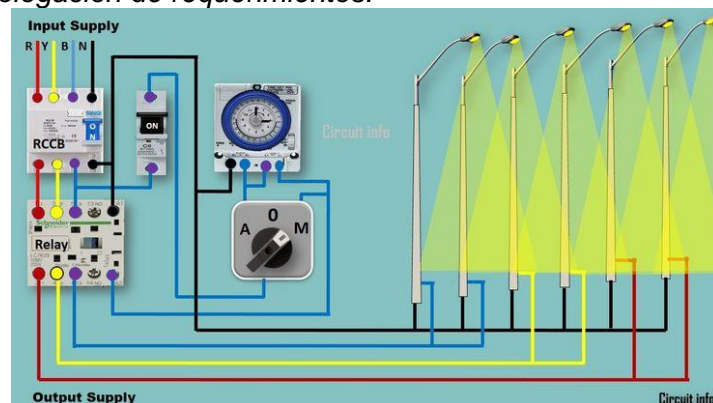
2.2.4 Alumbrado público en el Perú

Es el sistema de iluminación instalado en calles, parques y áreas públicas que asegura la seguridad de peatones y conductores, mejorando el bienestar de la comunidad. La provisión la prestación de iluminación urbana es responsabilidad de las empresas concesionarias de distribución, encargándose de la iluminación en avenidas, calles y plazas de manera general de acuerdo art. 94° de la Ley N°25844 (1992), además el servicio

es financiado por todos los usuarios, monto calculado conforme con el art.184° de la ley N°25844 (1992). Siendo esta fiscalizado por OSINERGMIN respecto a la calidad del servicio. Se dispone las redes de alumbrado público utiliza el sistema de conexión a tierra TN, con neutro conectado a tierra en múltiple puntos y masas eléctricas expuestas conectadas al neutro, lo que permite garantizar la seguridad de las personas frente a contactos indirectos.

Figura 6

Proceso de homologación de requerimientos.



2.2.5 Ficha de homologación

La Ficha de Homologación es un documento estandarizado utilizado por los ministerios para unificar requisitos y características técnicas en el ámbito de sus competencias. El proceso de homologación busca uniformizar los requerimientos relacionados con las políticas nacionales y/o sectoriales establecidas por el Poder Ejecutivo. Resolución N°521-2023-MINEM/DM (2023) tiene como objetivo regular este proceso, priorizando aquellos requerimientos recurrentes, de uso masivo y estratégicos. Su finalidad es promover la eficacia y eficiencia en las contrataciones, así como cerrar las brechas que se alineen con las políticas públicas.

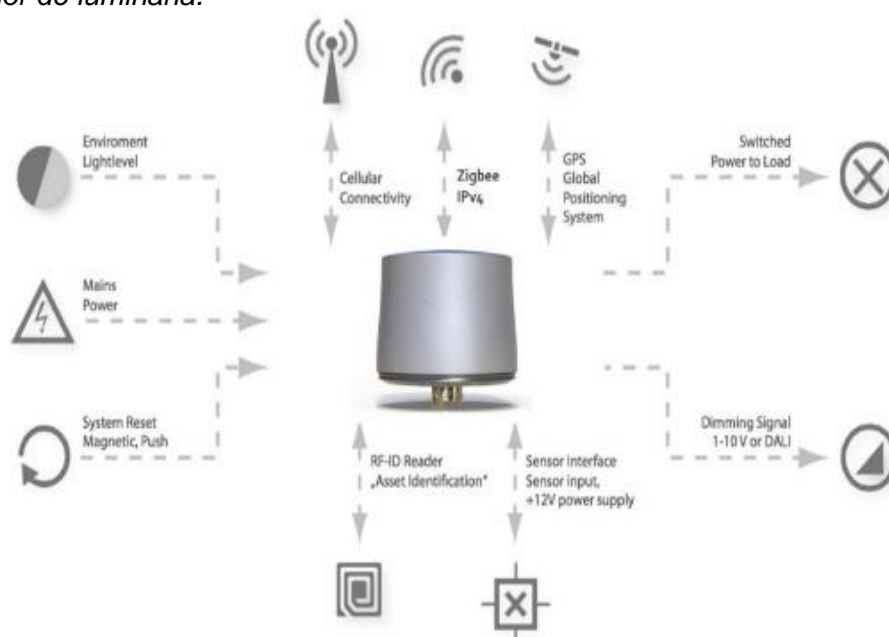
2.2.6 Telegestión

Según Encalada Espinoza (2012) “el sistema de gestión remota es una tecnología avanzada para supervisar, regular, medir y administrar la iluminación exterior.” (p.109) [4]. En otras palabras, la telegestión tiene la facultad de monitorizar y gestionar los puntos de iluminación exterior a través de un sistema inteligente a distancia lo cual resulta muy beneficioso en el sector energético, especialmente en la gestión de los gastos de energía y para las diversas provisiones. Facilitando el monitoreo del funcionamiento, ya que los errores se almacenan en un repositorio con información sobre el momento y la ubicación. Donde, para un sistema de control remoto, los componentes fundamentales son:

Controlador. aparato digital instalado en las instalaciones que se desean examinar. Tiene la capacidad de conectarse con un ordenador personal a través de un software especializado que permite la visualización directa de los datos registrados.

Figura 7

Controlador de luminaria.

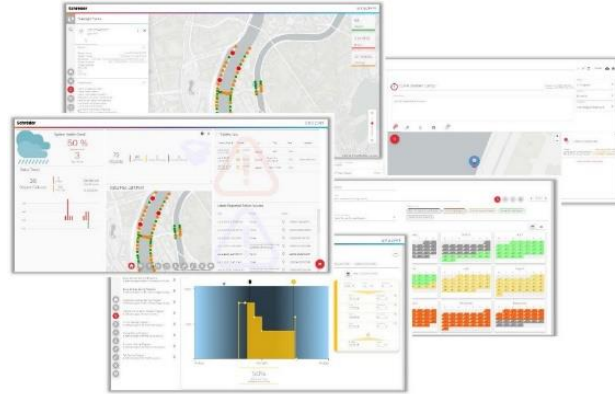


Nota: Schéder EXEDRA.

Software. Programa especializado para analizar la información capturada por el controlador. Este programa puede ser configurado de acuerdo con los propósitos establecidos, como, por ejemplo, para controlar el encendido y apagado de los dispositivos.

Figura 8

Software para supervisar.



Nota: Schöder EXEDRA.

Además, La telegestión ofrece todo un abanico de herramientas:

- **Telealarma:** Se encarga de alertar de manera automática en caso de averías o mal funcionamiento de una instalación.
- **Telecontrol:** Se encarga del control constante y remoto de los equipos de una instalación.
- **Telemando:** Se encarga de operar de forma remota los equipos instalados y administrar el funcionamiento a distancia de las instalaciones controladas.
- **Telegestión:** Facilita el registro de información con el propósito de analizarlos y optimizarlos.

2.2.7 Sistema de control

Independiente. En este mecanismo, cada fuente de luz funciona de forma independiente, ya que está equipada con una unidad de control propia. Esta unidad incluye un dispositivo controlador que permite establecer el rango horario de operación (momento de activación, desactivación, horas de funcionamiento) y ajustar la intensidad de la luz mientras se utiliza (por ejemplo, luz al 100%, 50%, etc.).

Grupal. Este sistema ofrece una administración de la instalación de alumbrado pública de forma que el controlador puede ser montado en ramas de un circuito eléctrico o directamente desde la estación transformadora que proporciona la iluminación pública. Al igual que en los sistemas de iluminación pública con programación personalizada, en estas configuraciones es posible ajustar el momento de activación, desactivación y la intensidad lumínica de los dispositivos.

2.2.8 Niveles de un sistema de telegestión

Una red de gestión remota de iluminación urbana se organiza en tres niveles, clasificados de la próxima forma:

Primer nivel. Se procede con la colocación y ensamblaje de los dispositivos de iluminación junto con su correspondiente controlador, el cual se encargará de reportar los datos y gestionar de manera individual cada punto de alumbrado pública. Este nivel tiene la capacidad de identificar el desempeño y diagnosticar las fallas que puedan surgir en cada punto de iluminación, enviando los datos al siguiente nivel de supervisión a través de una red de conexión.

Segundo nivel. En esta etapa se realiza la disposición y puesta en marcha del núcleo de distribución, el cual es un núcleo de mando para los circuitos individuales. Aquí se encarga de la supervisión de cada circuito de baja voltaje originado desde la estación de distribución, concentrando los datos provenientes de los puntos de iluminación conectados a dichos circuitos. En síntesis, son dispositivos que recopilan los sucesos y acciones, y cuantifican o registran diversos valores eléctricos y detectan irregularidades o fallos en cada ramal de baja tensión. A partir de estos dispositivos recopiladores, los datos se transmiten hacia la parte más alta, recopilando los datos de cada punto de iluminación del nivel inferior y los datos generados por el propio dispositivo colocado en cada punto de reparto.

Tercer nivel. En esta etapa se lleva a cabo la colocación del centro de control o área de telegestión del sistema de iluminación urbana, también se obtiene los datos provenientes de los puntos de reparto y se realiza la administración de estos. Facilita el monitoreo y gestión de alumbrado público mediante un dispositivo remoto o centro de control principal, recibiendo los datos de los niveles previos a través del sistema de comunicación y llevando a cabo su gestión.

2.2.9 Sistema de comunicación

Los principales medios de comunicación que utiliza la telegestión de alumbrado público, se trata de la transmisión de datos mediante cables a través de PLC y conexiones inalámbricas tales como radio, WIFI y telefonía móvil.

Sistema de comunicación alámbrica. Es una alternativa para recolección de variables eléctricas de los diferentes lugares de alumbrado. La transmisión por onda portadora o Power Line Communications (PLC) es una tecnología que emplea la red eléctrica para la transmisión y recepción de datos, representando una forma efectiva de interacción entre el centro de gestión y los diferentes lugares de alumbrado, sin requerir de instalar cables adicionales. La transmisión de datos abarca un rango que varía entre 100 kHz y 400 kHz, dependiendo del sistema. Principalmente, se aplican 3 modalidades de modificación de la señal.

- DSSSM.
- OFDM.
- GMSK.

Sistema de comunicación inalámbrica. Siendo la más eficiente en todos los sentidos. Se fundamentan en una conexión que emplea señales electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cables convencionales. En la actualidad, hay diversos protocolos de comunicación inalámbrica que se distinguen según la tasa de transferencia que emplean, la extensión y la rapidez de sus transferencias de datos en función de las distancias.

A continuación, se muestra la clasificación:

WPAN (Wireless Personal Area Networks). Es una red informática diseñada para facilitar el intercambio de información entre diferentes dispositivos (como computadoras, nodos de conexión a internet, teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales, aparatos de audio, máquinas de impresión, etc.) situados cerca del nodo de conexión. Estas redes suelen abarcar unos cuantos metros y están diseñadas para utilización individual.

Tecnología ZIGBEE. Es una especificación de protocolos de comunicación inalámbrica avanzada, creada para receptores tecnologías digitales de bajo gasto energético, fundamentada en el estándar IEEE (2003) de redes sin cables de ámbito individual con tasas de bajas transmisión de datos (Red de Área Personal Inalámbrica de Baja Tasa de Datos, LR-WPAN) emplea las frecuencias ISM (Industrial Scientific and Medical), las cuales están asignadas para el uso de radiofrecuencias no comerciales en los campos industrial, científico y medico (868 MHz en Europa, 915 MHz en EE.UU y 2.4 GHz a nivel global).

Tecnología Bluetooth. Esta tecnología denominada IEEE (2002) usa las conexiones con una cobertura máxima de 10 metros, en caso de requerir mayor alcance, sería necesario emplear repetidores que nos permitan extender la distancia hasta 100 metros.

Tecnología WIFI. Esta tecnología utiliza la frecuencia de radio identificada dentro del IEEE (2009) para ofrecer una conexión inalámbrica rápida, estable y segura. Una red WIFI permite unir computadoras entre ellas, a la red global y a redes con cable (mediante Ethernet). Funciona sin requerir licencia en las frecuencias de radio 2.4 y 5 GHz, a una rapidez de transferencia de información de 11 Mbps (IEEE, 1999) o 54 Mbps (IEEE, 1999).

2.2.10 Telegestión de alumbrado público

Un sistema de telegestión remota tiene la capacidad de llevar a cabo las acciones de activación, desactivación o ajuste de las lámparas mencionadas previamente, además de recolectar y analizar los datos operativos del sistema e identificar y comunicar los fallos en los mismos a través de la utilización de sistemas de transmisión de información cableados o inalámbricos. Es decir, como red para el análisis a distancia del desempeño y la identificación de fallas donde lo aplicaremos en un esquema de reducción del consumo de la energía por hora. Teniendo la cantidad de horas diarias de iluminación pública establecida debe oscilar entre 8 y 12 horas de acuerdo con la normativa (Resolución N°017-2003-EM/DGE, 2004).

Figura 9

Programador de luminarias.



Nota: Schréder EXEDRA.

2.2.11 Marco normativo

Norma nacional. En relación con la normativa técnica utilizada en esta tesis, se toman en cuenta los parámetros fotométricos de iluminación y luminancia establecidos por OSINERGMIN, de acuerdo con la clase de iluminación. Para la elaboración de este trabajo, El OSINERGMIN en la Resolución N°013-2003-EM/DM (2003) establece para cada clase de carretera de iluminación y sus particularidades.

Tabla 3*Tipos de vía según clasificación.*

Tipo de vía	Tipo de Alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	<ul style="list-style-type: none"> -Conecta áreas con elevada producción de tráfico con una gran fluidez. -Proporciona acceso a las áreas metropolitanas cercanas a través de infraestructura especial (rampas). 	<ul style="list-style-type: none"> -Flujo vehicular continuo. -Cruces a distinto nivel. -Estacionamiento prohibido. - Rapidez de desplazamiento alta, superior a 60 km/h. -Prohibidos las estaciones urbanas en la vía principal. - Se prohíbe el tránsito de transporte público, excepto cuando haya vía especial.
Arterial	II	<ul style="list-style-type: none"> - Conecta áreas de intensa producción de circulación con fluidez medio o alto. - Entrada a las áreas cercanas a través de vías auxiliares. 	<ul style="list-style-type: none"> -No se autoriza estacionamiento. -Velocidad de circulación media y alta, entre 30 y 60 km/h. - Está prohibido colocar estaciones urbanas en la vía principal. -Gran cantidad de unidades de transporte colectivo.
Colectora 1	II	<ul style="list-style-type: none"> -Facilita el acceso a calles locales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Vías que se encuentran y/o cruzan diversos distritos. En esta categoría se incluyen las vías principales de un distrito o área céntrica. -Por lo general, cuentan con vías primarias y secundarias. -Son circuladas por unidades de transporte colectivo.
Colectora 2	III	<ul style="list-style-type: none"> -Facilita el acceso a calles locales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Vías localizadas entre uno o dos distritos. -Cuentan con una o dos

			calzadas principales, sin auxiliares. -Son circuladas por medios de transporte colectivo.
Local Comercial	III	-Facilita el acceso a los negocios locales.	-Los automóviles circulan a una rapidez límite de 30 km/h. -Estacionamiento autorizado. -No se permite la circulación de transporte colectivo. -Alto tránsito peatonal.
Local Residencial 1	IV	-Facilita el acceso a las residenciales.	- carreteras con pavimento asfáltico y banquetas ininterrumpidas y bajo tráfico vehicular. - carreteras con pavimento asfáltico, sin banquetas ininterrumpidas y tráfico vehicular muy bajo o inexistente.
Local Residencial 2	V	-Facilita el acceso a las residenciales.	- carreteras con pavimento no asfaltado. - Carreteras con pavimento asfáltico, aceras ininterrumpidas y tráfico vehicular muy bajo o inexistente.
Vías peatonales	V	-Facilita el acceso a las residencias y propiedades a través del tránsito peatonal. -	-Transito únicamente peatonal.

Nota: Norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución".

Se consideran los tipos de superficie de acuerdo los tipos de calzada en la superficie de la vía de alumbrado, de acuerdo con las siguientes tablas:

Tabla 4

Tipos de calzado.

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

Nota: Norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución".

Tabla 5

Niveles de iluminación, luminancia e índice de control de deslumbramiento.

Tipo de alumbrado	Luminancia media (cd/m ²)	Iluminación media (lx)		Índice de control de deslumbrante (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1.50-2.00	15-20	30-40	≥6
II	1.00-2.00	10-20	20-40	5-6
III	0.50-1.00	5-10	10-20	5-6
IV		2-5	5-10	4-5
V		1-3	2-6	4-5

Nota: Norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución".

Tabla 6

Uniformidad de luminancia.

Tipo de alumbrado	Uniformidad longitudinal	Uniformidad media
I	≥0.70	≥0.40
II	≥0.65	≥0.40

Nota: Norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución".

Tabla 7

Uniformidad media de luminancia.

Tipo de alumbrado	Uniformidad media
III	0.25-0.35
IV-V	≥0.15

Nota: Norma DGE "Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución".

Norma internacional.

Comisión Internacional de Iluminación (CEI-115)-RETILAP. Se establecen los requisitos mínimos de alumbrado vial de acuerdo con la Resolución N°018-1331 (2009), indicados en las siguientes tablas:

Tabla 8

Clases de iluminación para vías vehiculares.

Clase de Iluminación	Descripción de la vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito vehicular (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y rápidas	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Nota: RETILAP.

Tabla 9

Requisitos fotométricos por clase.

Clase de Iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia media (cd/m ²)	Uniformidad media	Incremento de umbral %	Uniformidad longitudinal	Relación de alrededores
M1	2.00	0.40	10	0.50	0.50
M2	1.50	0.40	10	0.50	0.50
M3	1.20	0.40	10	0.50	0.50
M4	0.80	0.40	15	N. R	N. R
M5	0.60	0.40	15	N. R	N. R

Nota: N. R (No requerido).

Tabla 10*Valores mínimos de iluminación (lx).*

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminación según tipo de superficie de la vía (lx)			Uniformidad media <u>L_{mín}/L (%)</u>
	R1	R2 y R3	R4	
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Nota: RETILAP.**Tabla 11***Asignación estimada de áreas en las categorías comunes.*

Clase	Características de superficie
R1	- Áreas pavimentadas que contengan al menos un 15% de componentes pulidos o sintéticos claros, o un 30% de rocas anortositas altamente reflectantes.
	- Áreas con piedras trituradas que cubren más del 80% de la superficie del pavimento, en las cuales dichos fragmentos son predominantemente claros, brilladores, o constituidas al 100% por anortositas altamente brillantes.
	- Áreas de pavimento elaboradas con hormigón.
R2	- Áreas con acabado áspero que integran áridos estándar.
	- Áreas de revestimiento asfáltico (pavimentos con betún con un 10% a 15% de materiales brillantes artificiales).
	- Concreto asfáltico denso y áspero, con alto contenido de piedras trituradas (superior al 60%) con dimensiones superiores a 10mm.
R3	-Asfalto mastico tras su tratamiento. También similar a betún masticado en su condición original.
	-Cubierta en concreto asfáltico (asfalto en frío, asfalto con cemento) con grava de tamaño mayor a 10 mm y acabado áspero.
	- Áreas tratadas con un acabado áspero pero suavizado.
R4	- Betún masticado tras varios meses de utilización.
	-Superficies con textura muy suave o pulimentada.

Nota: RETILAP.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Procedimiento establecido

Se describe el enfoque metodológico empleado para realizar la evaluación técnico-económica del sistema de telegestión con luminarias LED.

3.1.1 *Recopilación de datos*

En esta sección se expone el procedimiento de recopilación de datos para la tesis, incluyendo las fuentes de información, los instrumentos utilizados y los procedimientos empleados. Las técnicas y herramientas utilizadas fueron:

- Empleo de fuentes web, libros y trabajos anteriores para obtener información sobre sistemas de telegestión con luminarias LED para alumbrado público y los progresos tecnológicos en la iluminación de lugares de áreas público.
- Examinación de demostraciones de redes de control remoto y evaluación exhaustivo de documentos.
- Estudio de regulaciones tanto locales como internacionales relevantes.
- Empleo de un luxómetro como instrumento de medición para obtener datos de iluminación real.

3.1.2 *Toma de información en campo*

El evaluar los requisitos lumínicos vigentes mediante el próximo proceso, implicó la utilización de diferentes dispositivos, incluyendo cámaras fotográficas, vehículos y otras herramientas necesarias para recopilar información de manera efectiva:

- Levantamiento de datos sobre los niveles de iluminación a lo largo de la avenida.
- Georreferenciación de cada acción de alumbrado.
- Elaboración de planos de alumbrado para amplias zonas.
- Finalmente, establecimiento de los valores de alumbrado inmediato, el alumbrado promedio y el coeficiente de uniformidad.

Figura 10

Niveles de iluminación: Av. Yarinacochoa, Sánchez Carrión, Guillermo Sisley.



3.1.3 Procesamiento y análisis de datos

Durante el tratamiento y evaluación de información, se utilizaron las próximas fuentes y recursos de datos, en relación con el asunto de estudio:

- Software Autodesk (AutoCAD 2023): Utilizado para dibujar planos de localización, organización, infraestructuras, entre otros.
- Google Earth Pro: Utilizado para obtener las coordenadas de ubicación de los puntos de interés.
- Software DIALux evo: Utilizado para verificar y simular la iluminación.
- ArcGIS: Utilizado para apoyar la elaboración de planos.
- Hoja de cálculo de Microsoft Office: Utilizada para el tratamiento y evaluación de los datos recolectados.

Estas herramientas de información fueron fundamentales para llevar a cabo el procesamiento y análisis de los datos recolectados en el estudio, proporcionando soporte y facilitando el registro y cálculo de los resultados obtenidos.

Características generales del proyecto. Se efectúa una comprobación y recopilación de información sobre el estado vigente de la Avenida Guillermo Sisley, con el fin de obtener información precisa sobre el sistema de alumbrado vigente y su condición actual.

Luminarias de vapor de sodio. La tecnología de lámpara utilizada se definen como un dispositivo de iluminación que utiliza tecnología de descarga de alta presión para generar luz. Donde estas luminarias están compuestas por una lámpara de vapor de sodio de 150 watt, un balasto y otros componentes necesarios para su funcionamiento.

Tabla 12

Datos técnicos de las luminarias actuales.

Ítem	Características	Unidad	Referencia
1	Carcasa		
2	Tensión de Alimentación	V	380/220
3	Frecuencia	Hz	60
4	Potencia	W	150
5	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66
6	Resistencia de Impactos de la Luminaria (IK)		08
7	Eficacia Luminosa de la Luminaria	lm/W	100
8	Factor de Potencia		≥0.95

Nota: Elaboración propia.

Pastorales parabólicas de acero galvanizado. los pastorales para alumbrado público son dispositivos utilizados en espacios exteriores, diseñados específicamente para proporcionar iluminación eficiente y uniforme en áreas urbanas y rurales. se definen como un componente doblado que proporciona la inclinación del dispositivo de alumbrado para el resplandor, que podría ser de hormigón o metal. La inclinación actual es emplear poste metálicos tipo pastoral debido a su sencillez de montaje.

Donde un pastoral se designa de la siguiente manera:

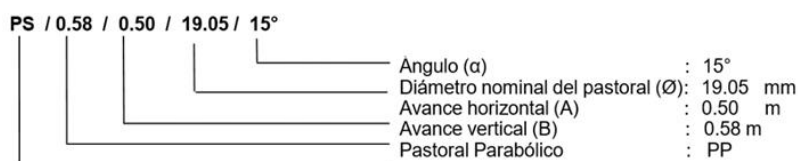


Tabla 13

Datos técnicos de los pastores actuales.

Ítem	Características	Unidad	Referencia
1	Material de fabricación		Acero SAE 1020
2	Tipo		Parabólico
3	Secuencia de Fabricación		
	Primer proceso		Curvaturas del acero
	Segundo proceso		Galvanizado
4	Galvanizado		
	Norma		ASTM A153/A153 M
	Proceso		En caliente
	Clase de material según ASTM A153/A153M		C
	Espesor promedio mínimo de revestimiento del galvanizado en una sección (extremos o medio)	µm	120
6	Dimensiones		
	Ángulo (α)		20°
	Diámetro del pastoral (\emptyset)	in	2
	Avance horizontal (A)	m	1.50
	Avance vertical (B)	m	1.50

Nota: Elaboración propia.

Postes de concreto armado centrifugado. Un poste para alumbrado público es una estructura vertical diseñada para soportar y sostener las luminarias y todas sus componentes utilizadas en el alumbrado de calles, plazas y espacios públicos. Estos postes están fabricados con materiales resistentes y duraderos, como acero, concreto, etc. y están diseñados para proporcionar una ubicación segura y elevada donde se puede montar la luminaria.

Donde un poste se designa de la siguiente manera:

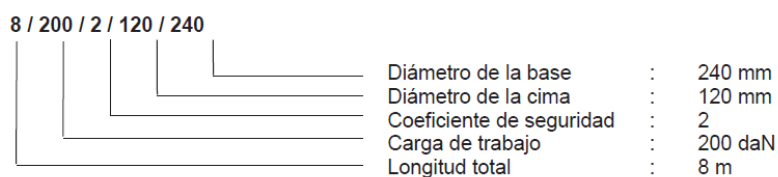


Tabla 14

Datos técnicos de los postes actuales.

Ítem	Características	Unid.	Referencia
1	Proceso de fabricación		NTP 339.027
2	Longitud del poste	m	8
3	Resistencia mínima a la compresión del concreto a los 28 días.	Mpa	28
4	Carga de Trabajo	daN	200
5	Coeficiente de Seguridad (CS)		2
6	Diámetro en la punta	mm	120
7	Diámetro en la base	mm	255
8	Tipo de Cemento		Portland Tipo I
9	Aditivo inhibidor de corrosión		
	Tipo de Aditivo Inhibidor de corrosión		Sustancia química de base orgánica que se incorpora durante la preparación del hormigón para resguardar el acero de refuerzo contra el óxido.
10	Sellador de Concreto		2 capas
11	Rotulado		Bajo relieve, según planos adjuntos.
12	Presentar plano a escala con el detalle de la armadura de los postes.		Si, obligatoriamente
13	Acabado		Superficie limpia, fina libre de resanes y fisuras (Según el numeral 5.1 de la Norma NTP 339.027).
14	Recubrimiento de concreto	mm	20
15	Certificado de garantía de vida útil	Años	20

Nota: Elaboración propia.

Resumen de la ingeniería.

Figura 12

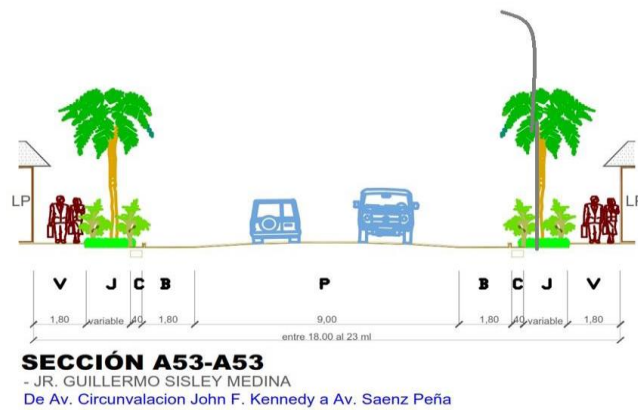
Vista de sección-Av. Guillermo Sisley.



Nota: Electro Ucayali S.A.

Figura 13

Sección de Av. Guillermo Sisley.



Nota: Electro Ucayali S.A.

Tabla 15

Características de la Av. Guillermo Sisley.

1	Características de la vía	Unidad	
	Ancho calzada	m	12.6
2	Características de las estructuras		
	Arreglo de postes		Unilateral Abajo
	Altura de Poste	m	8
	Pastoral		PA1 y PA3
	Altura (H)	m	11.4
	Saliente (E)	m	1
	Inclinación Luminaria (T)	grados (°)	20
	Vano	m	26
3	Luminarias		
	Tecnología Actual		V.S
	Número de Luminarias	Und.	41
	Potencia Actual	W	150

Nota: Elaboración propia.

Donde:

- PA1: Pastoral metálico simple de 3.4 m x 2 pul. de diámetro.
- PA3: Pastoral metálico simple de 3.2 m x 2 pul. de diámetro.
- V.S: Vapor de sodio.

Se analizó la Avenida Guillermo Sisley para un total aproximado de 41 Lámparas siendo la tecnología de iluminación utilizada en toda la avenida de Vapor de sodio, con 41 luminarias de 150 watt.

3.2.2 Análisis físico

En esta parte se realiza un análisis físico exhaustivo que abarca la calidad de la iluminación, además de la detección de fallos de las condiciones actuales de la avenida intervenida.

Condiciones actuales de iluminación. Para evaluar las condiciones actuales de iluminación y realizar el diseño, se toma en cuenta la Norma Técnica DGE, “Sistema de iluminación en carreteras públicas dentro de áreas de licencia de distribución”, vistas en el Capítulo II:

Tabla 16

Categorización de la Av. Guillermo Sisley.

Tipo		
Vía	Alumbrado	Calzada
Colectora I	Tipo II	Concreto-Clara

Nota: Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

Tabla 17

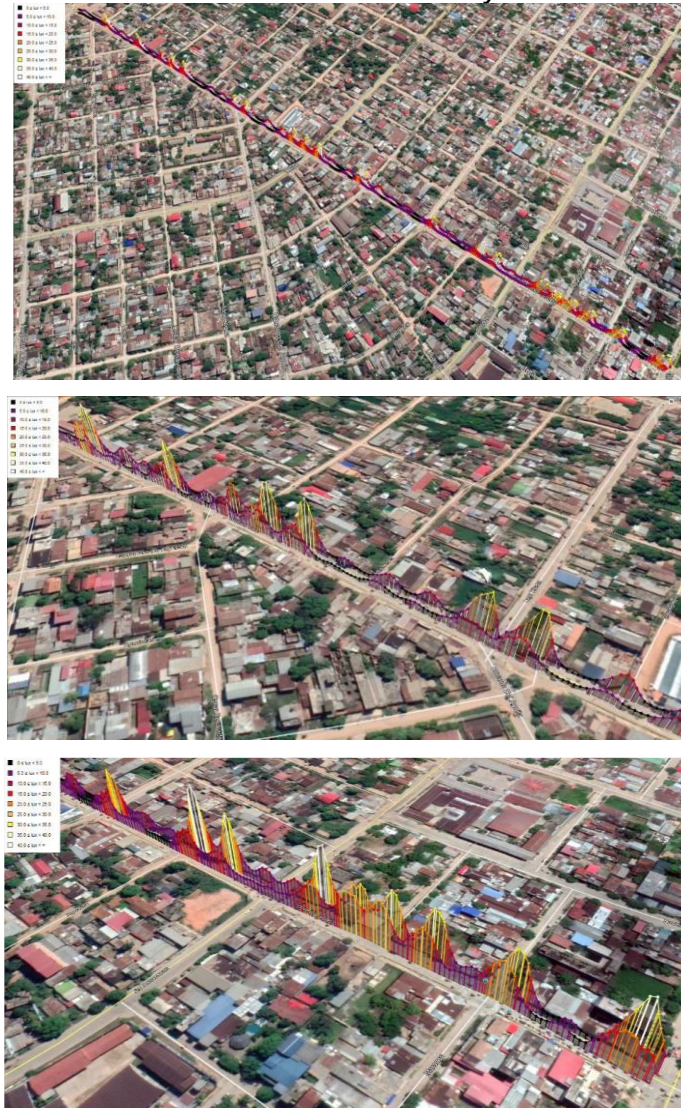
Valores de luminancia e iluminación para la Av. Guillermo Sisley.

Luminancia (L)		Iluminación (E)
Media (cd/m ²)	Uniformidad (U)	
	Media (U _o)	Longitudinal (U _l)
1.0 - 2.0	≥0.4	≥0.65
		Media (lx)
		10-20.

Nota: Norma DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”.

Figura 14

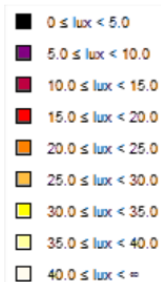
Vistas de los niveles de iluminación-Av. Guillermo Sisley.



En las diferentes figuras, se visualización los grados de alumbrado según un sistema de colores, en el que los matices oscuros (negro y morado) representan niveles bajos de alumbrado para el tipo de calle.

Figura 15

Código de colores, rango de niveles de iluminación (lx)



Siendo las condiciones de iluminación encontradas en las diferentes vías:

Tabla 18

Niveles de iluminación actual de la Av. Guillermo Sisley.

Sentido	Iluminación (E)			Uniformidad (U)	
	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Extrema
N-S	12.96	30.39	1.68	0.13	0.05
S-N	17.09	71.83	1.88	0.11	0.03

Nota: Elaboración propia.

Donde podemos observar lo siguiente:

Tabla 19

Comparación con la norma nacional.

Nivel de cumplimiento	
Iluminación media	Uniformidad
< > 10-20 lx	Um < 0.4
< > 10-20 lx	Um < 0.4

Nota: Elaboración propia.

- Existe un bajo nivel medio de iluminación.
- El coeficiente de uniformidad media exhibe un valor notablemente bajo, situándose en proximidades de 0.1, en contraposición a la recomendación que establece un valor superior a 0.4.
- Existen una elevada presencia de áreas iluminadas y sombrías a través de las regiones con luz, provocando la percepción de un patrón escalonado o de tipo cebra.

3.3 Formulación y análisis de la solución

se centra en la presentación de un enfoque técnico para resolver el problema planteado en la tesis. Aquí, se detallan las herramientas utilizadas para abordar la cuestión.

3.3.1 Tecnologías de Luminarias LED

Para la selección se considerará la ficha de homologación de luminarias con la designación especializada: Luminarias para iluminación pública utilizando tecnología LED para tipo de sistema II de 90 a 100W, con módulos LED del tipo SMD. Donde se toman en cuenta las siguientes características:

Tabla 20

Valores técnicos para la luminaria LED.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Norma
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	Código nacional electricidad-utilización.
2	Frecuencia	Hz	60	Código nacional electricidad-utilización.
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	NTP60598-2-3:2014
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	NTP-IEC 62262:2010
5	Vida útil	h	≥100000	NTP-IEC 62722-2-1:2018
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	NTP-IEC 62722-2-1:2018
7	Factor de Potencia		≥0.95	IES LM-79-08
8	Temperatura de color	K	4000±275	ANSI C78.377.2017
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	NTP-IEC 62722-2-1:2018

Nota: Ficha Homologada luminarias LED 90-100W.

3.3.2 Tecnologías de telegestión

Software de telegestión de alumbrado público. El software de telegestión de alumbrado público asumirá la responsabilidad de administrar los datos provenientes de los controladores de luminarias LED. Su objetivo primordial será la administración de los datos y acceso diferentes herramientas. Deberá incorporar las siguientes funcionalidades:

- Reportes de medición de datos como consumo de energía, tensión, potencia y factor de potencia.
- Activación y desactivación de forma automática (individual o grupal) programada según horarios.
- Programación de ajuste de brillo o atenuación de las luminarias, individualmente o en grupo.
- Representación cartográfica con base en interfaces de Google Maps.

Plataforma de comunicación (Access Point). Los Access Point deben tener la capacidad de comunicación de largo alcance a través del sistema de comunicación por Radio frecuencia (R.F), radio a la redonda de 3 km a 5 km aproximadamente, de puntos-multipuntos no licenciada de 2.4 GHz. Es importante considerar las restricciones previas en otras frecuencias no licenciadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según Resolución Ministerial N°199-2013-MTC/03. Además, es fundamental seguir el protocolo de transporte de datos Low Power Wide Área Network (LPWAN). La plataforma de comunicación debe estar basada en el estándar internacional IEEE802.5.4, el cual fue diseñado para redes de comunicación que monitorean infraestructuras críticas de bajo consumo eléctrico, con requisitos de confiabilidad, alcance y ancho de banda para aplicaciones masivas.

La implementación del trabajo tendrá lugar en la zona urbana de Pucallpa. La cual cuenta con la presencia de Access Point en las cercanías de las subestaciones de transformación tal como se muestra la imagen.

Vista geográfica de cobertura del sistema de comunicación existente.

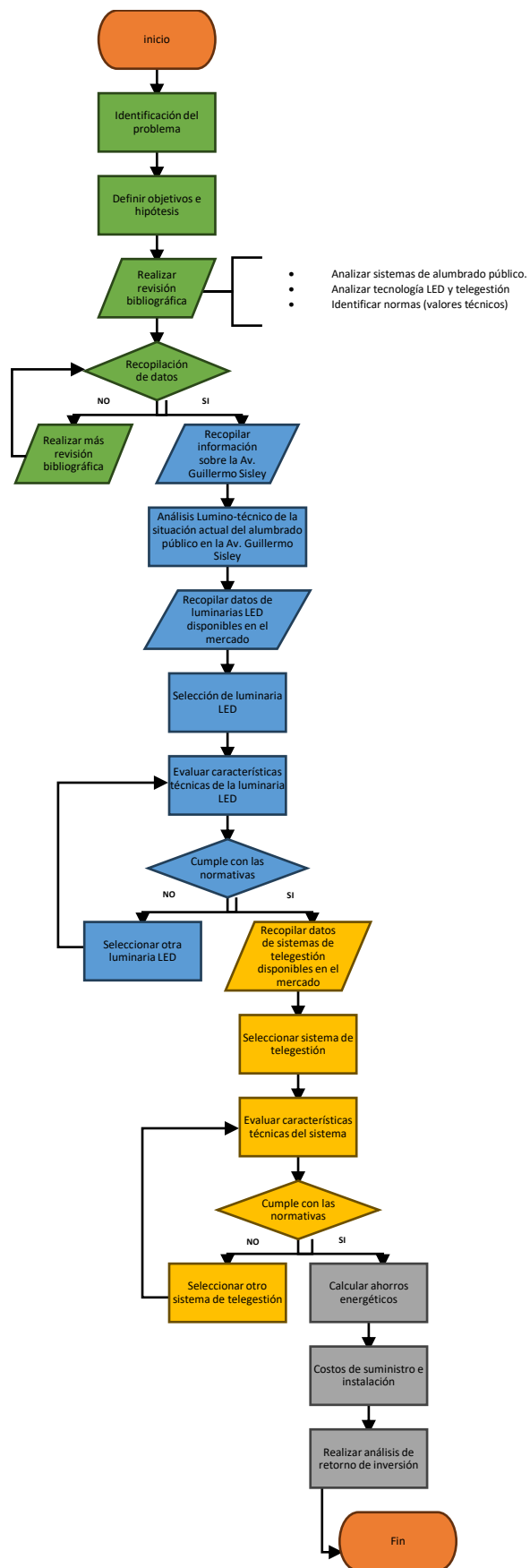


Tabla 21

Ítem	Características	Unid.	Referencia
1	Tipo		Socket 7 pines
2	Tensión de Alimentación	V	220
3	Frecuencia nominal	Hz	60
4	Tipo de comunicación		Radio Frecuencia de largo alcance LPWAN
5	Frecuencia de Trabajo de Red inalámbrica.	GHz	2.4
6	Rango de alcance hacia Access Point existentes	km	≥5
7	Basada en el estándar		IEEE 802.15.4
8	GPS incorporado		si
9	Grado de protección		IP 66

48

3.4 Diagramas de flujo de la solución



3.5 Desarrollo del software utilizado

Se enfoca en las capacidades del software utilizado necesario para implementar el sistema de telegestión con luminarias LED en la tesis.

3.5.1 Análisis y selección de Luminarias LED

Schröder AVENTO 1.

Potencia (P):106 W.

Flujo luminoso (Φ): 14151 lm.

Figura 17

Luminaria Schröder AVENTO 1.

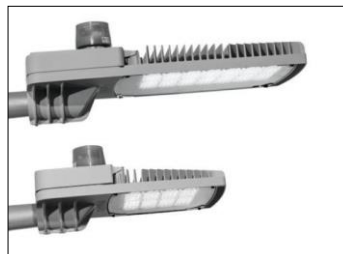


Figura 18

Distribución fotométrica.

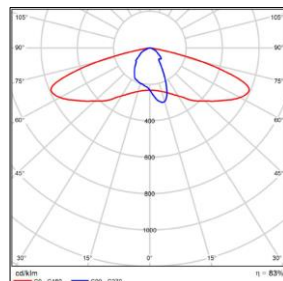


Tabla 22

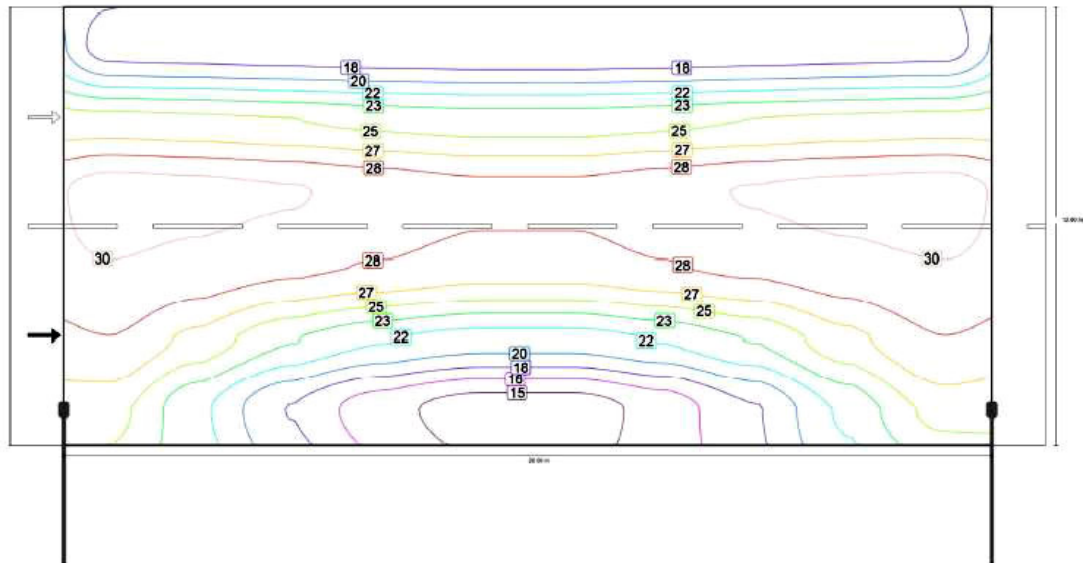
Comparación con los valores requeridos.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	220-240
2	Frecuencia	Hz	60	50-60
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	66
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	09
5	Vida útil	h	≥100000	100000h-L90
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	133
7	Factor de Potencia		≥0.95	0.95
8	Temperatura de color	K	4000±275	4000K
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	70

Nota: Elaboración propia.

Figura 19

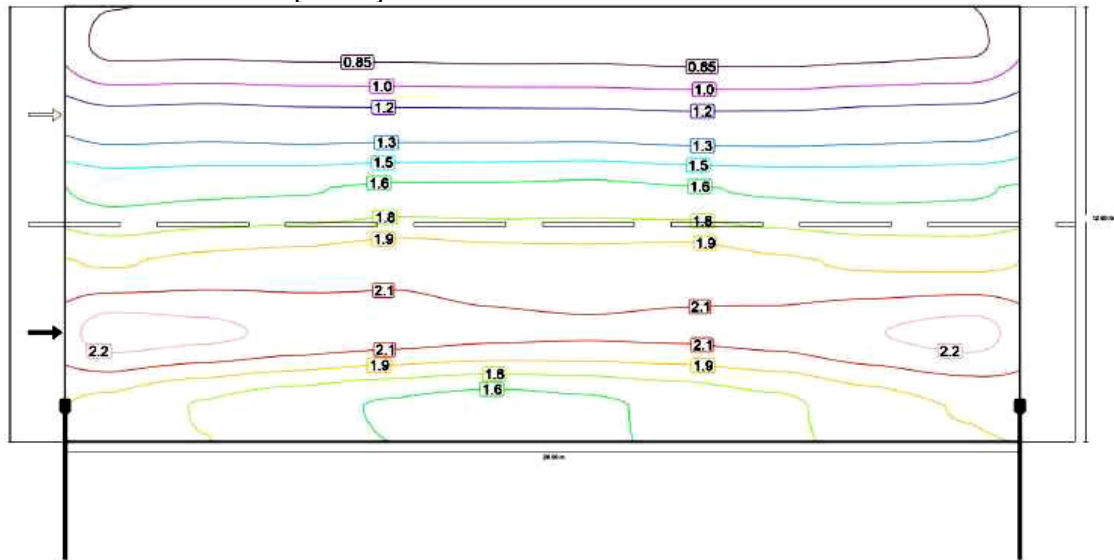
Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Figura 20

Curvas Iso-luminancia [cd/m²].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Tabla 23

Comparación con la norma nacional.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	24
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.59
3	Uniformidad media (U _o)		≥0.40	0.47
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	0.91

Nota: Elaboración propia.

Philips-BGP283.

Potencia (P):112 W.

Flujo luminoso (Φ): 15622 lm.

Figura 21

Luminaria Philips-BGP283 DM11.



Figura 22

Distribución fotométrica.

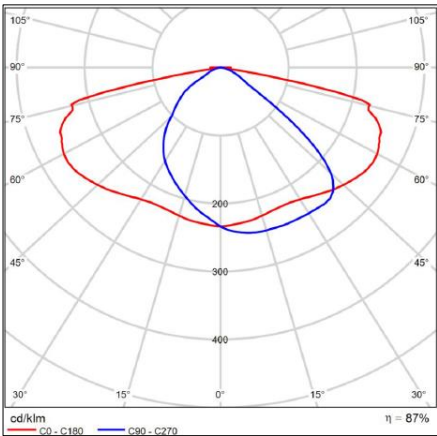


Tabla 24

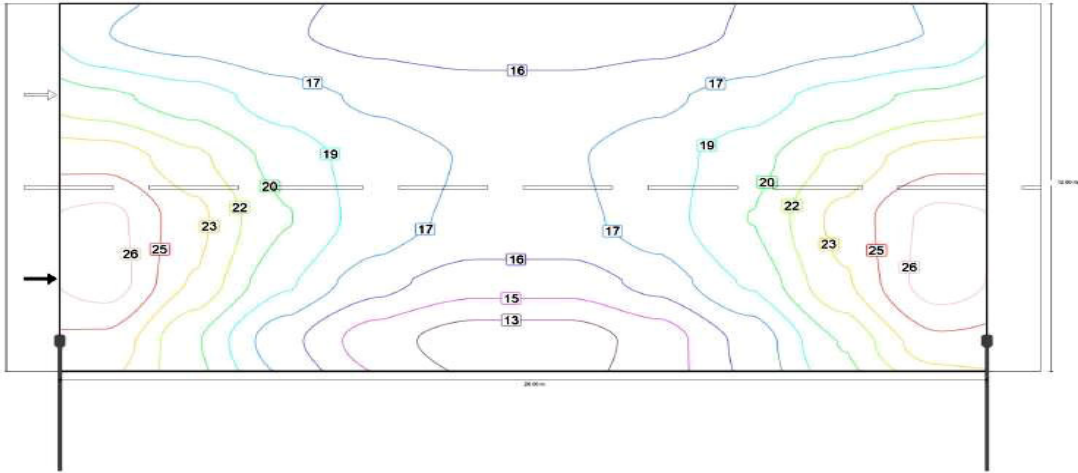
Comparación con los valores requeridos.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	220-240
2	Frecuencia	Hz	60	50-60
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	66
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	08
5	Vida útil	h	≥100000	100000h
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	139
7	Factor de Potencia		≥0.95	0.95
8	Temperatura de color	K	4000±275	4000K
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	70

Nota: Elaboración propia.

Figura 23

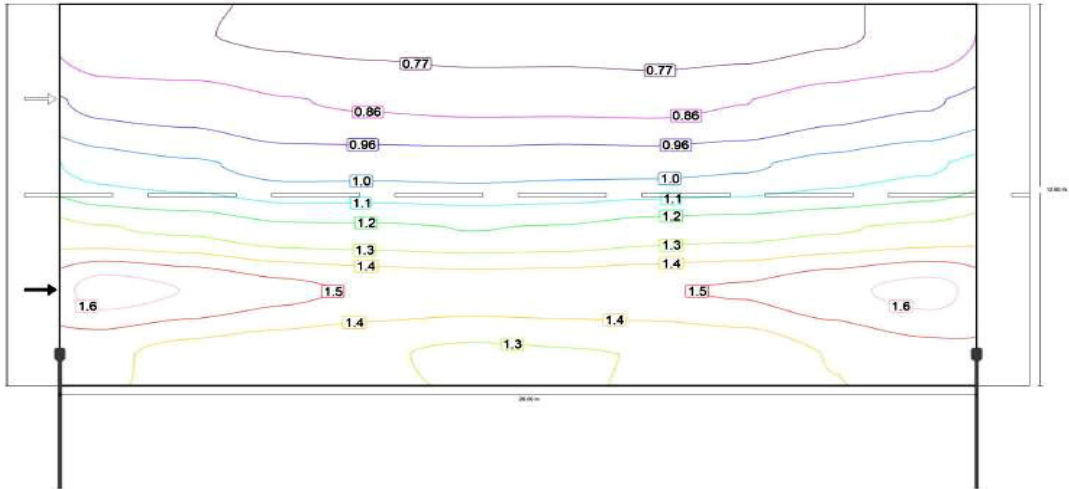
Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Figura 24

Curvas Iso-luminancia [cd/m²].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Tabla 25

Comparación con la norma nacional.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	19
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.15
3	Uniformidad media (U ₀)		≥0.40	0.61
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	0.90

Nota: Elaboración propia.

LUG Light Factory-URBANO LED.

Potencia (P):102 W.

Flujo luminoso (Φ): 15300 lm.

Figura 25

Luminaria LUG Light Factory-URBANO LED.



Figura 26

Distribución fotométrica.

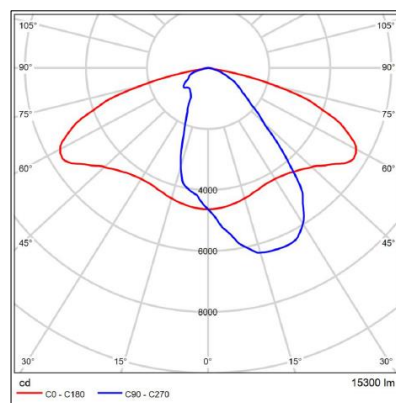


Tabla 26

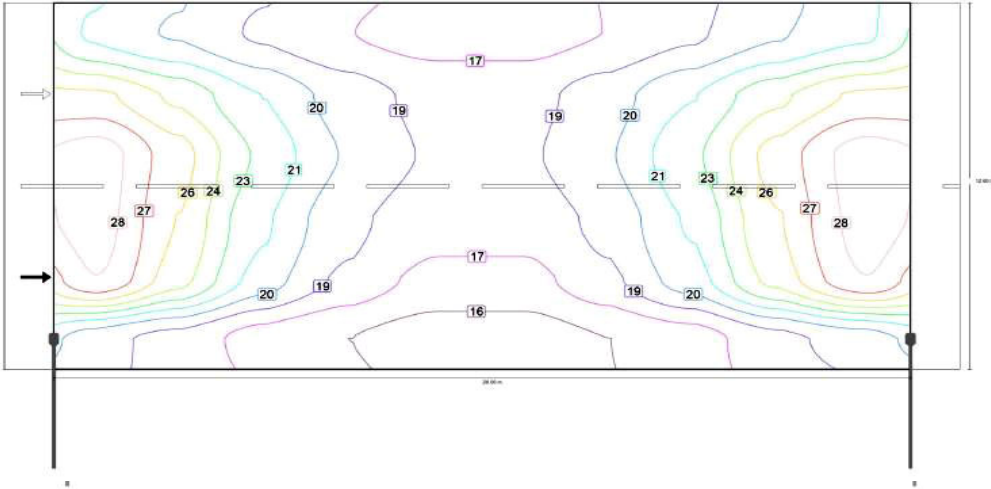
Comparación con los valores requeridos.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	220-240
2	Frecuencia	Hz	60	50-60
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	66
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	09
5	Vida útil	h	≥100000	100000
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	150
7	Factor de Potencia		≥0.95	0.95
8	Temperatura de color	K	4000±275	4000K
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	>70

Nota: Elaboración propia.

Figura 27

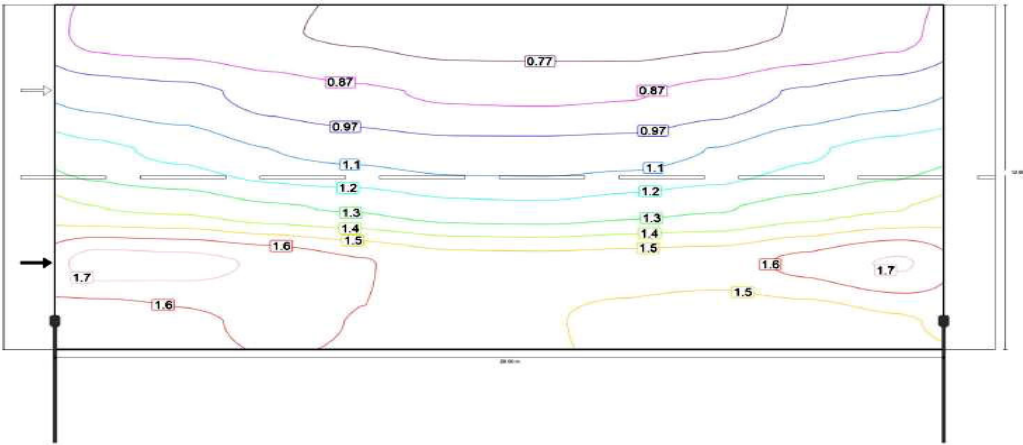
Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Figura 28

Curvas Iso-luminancia [cd/m²].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Tabla 27

Comparación con la norma nacional.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	20
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.19
3	Uniformidad media (U _o)		≥0.40	0.60
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	0.85

Nota: Elaboración propia.

NIKKON-MURA M.

Potencia (P):102 W.

Flujo luminoso (Φ): 13906 lm.

Figura 29

Luminaria NIKKON-MURA M.



Figura 30

Distribución fotométrica.

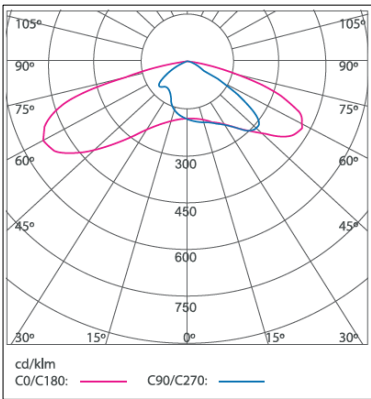


Tabla 28

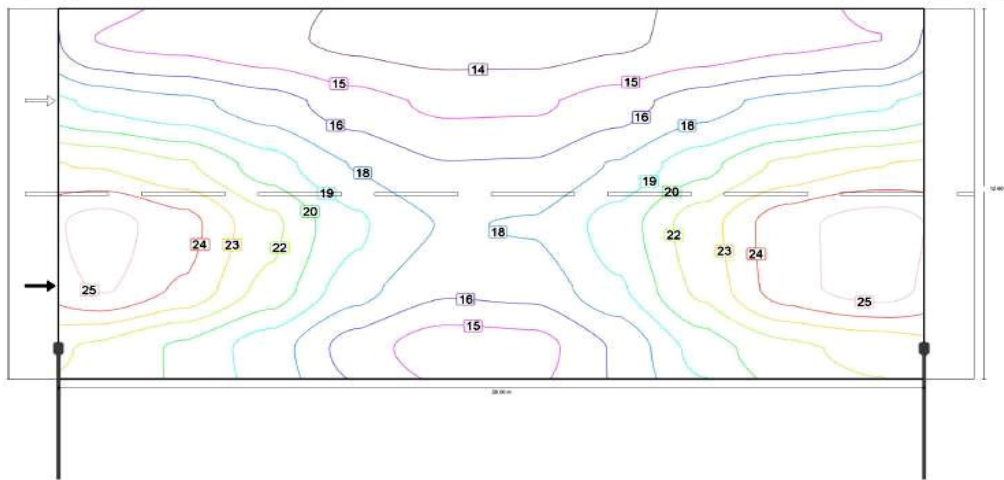
Comparación con los valores requeridos.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	220-240
2	Frecuencia	Hz	60	50-60
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	66
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	08
5	Vida útil	h	≥100000	100000
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	136
7	Factor de Potencia		≥0.95	0.95
8	Temperatura de color	K	4000±275	4000K
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	99

Nota: Elaboración propia.

Figura 31

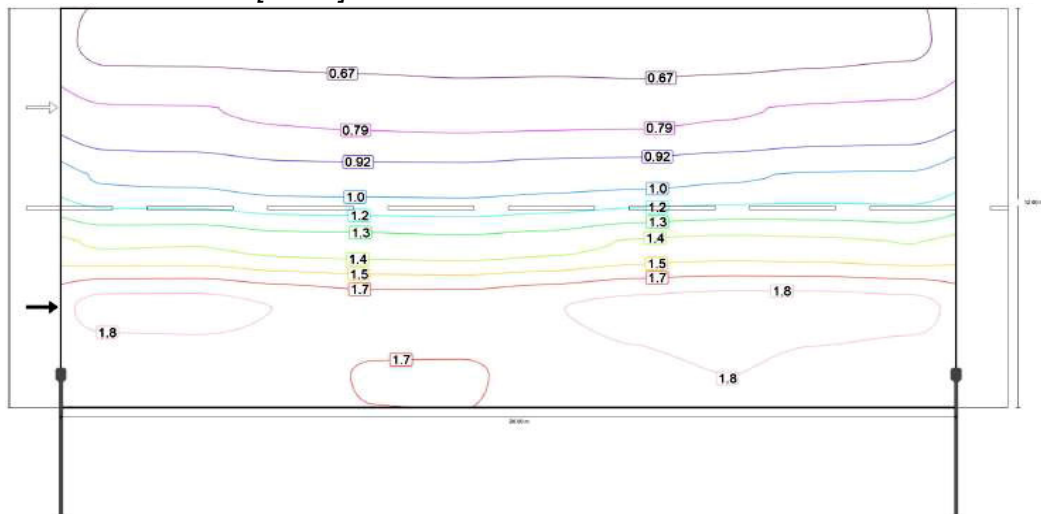
Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Figura 32

Curvas Iso-luminancia [cd/m²].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Tabla 29

Comparación con la norma nacional.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	18
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.22
3	Uniformidad media (U _o)		≥0.40	0.48
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	0.94

Nota: Elaboración propia.

NIKKON-SIGMA M.

Potencia (P):100 W.

Flujo luminoso (Φ): 14195 lm.

Figura 33

Luminaria NIKKON-SIGMA M.



Figura 34

Distribución fotométrica.

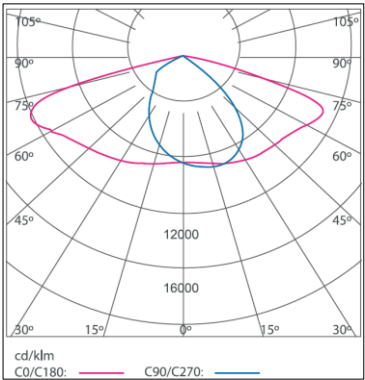


Tabla 30

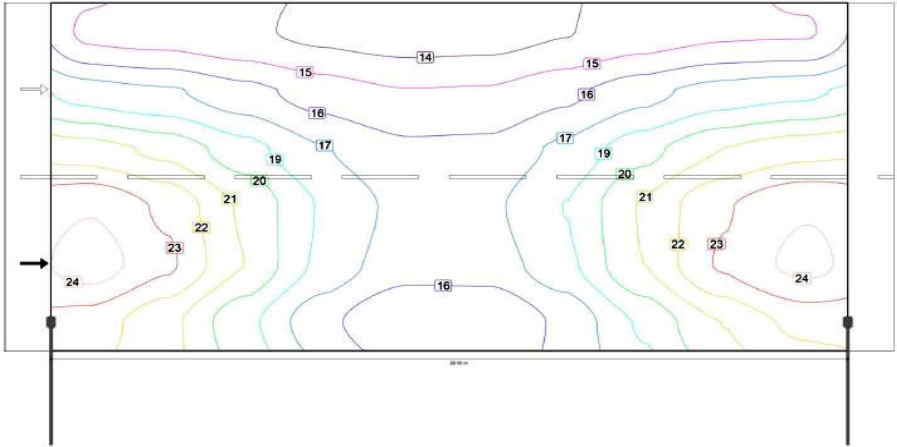
Comparación con los valores requeridos.

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Tensión de alimentación	V	220±7.5%	220-240
2	Frecuencia	Hz	60	50-60
3	Grado de Protección de la Luminaria (IP)		≥66	66
4	Resistencia de impactos de la luminaria (IK)		08	08
5	Vida útil	h	≥100000	100000
6	Eficacia luminosa de la luminaria	lm/w	≥120	150
7	Factor de Potencia		≥0.95	0.95
8	Temperatura de color	K	4000±275	4000K
9	Índice de reproducción cromático (IRC)		≥70	99

Nota: Elaboración propia.

Figura 35

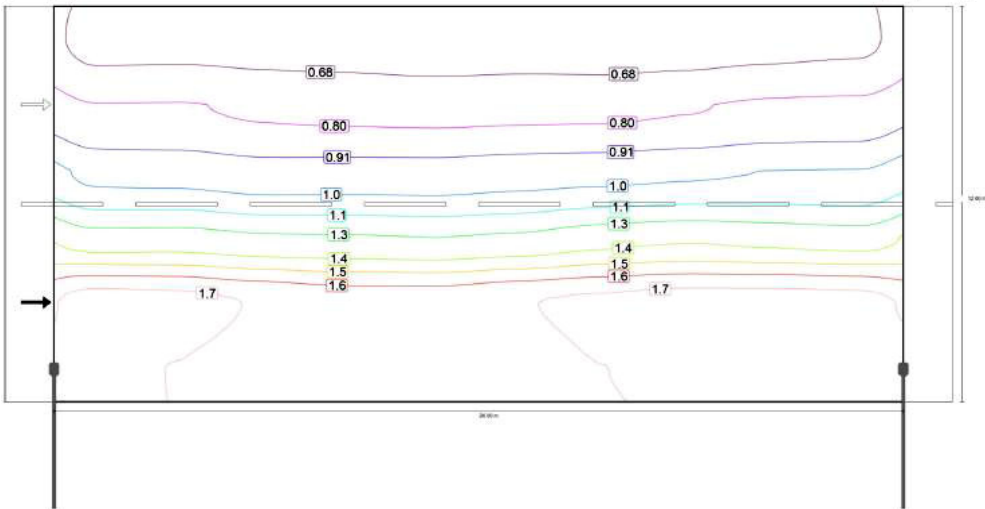
Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Figura 36

Curvas Iso-luminancia [cd/m²].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

Tabla 31*Comparación con la norma nacional.*

Ítem	Características	Unid.	Referencia	Luminaria
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	18
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.19
3	Uniformidad media (U ₀)		≥0.40	0.52
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	0.94

Nota: Elaboración propia.**3.5.2 Análisis y selección de sistemas de telegestión de alumbrado****Sistema de telegestión de NIMBUS SMART.****NIMBUS**

- La información de tensión, corriente y otros similares son registrados y administrados de acuerdo con el orden temporal y importancia, y luego comunicadas al centro de supervisión.
- Control remoto de encendido y apagado mediante programación horaria en función de la zona y sus necesidades de iluminación.
- Sistemas de Nodos master/slave con tecnología de comunicación basada en IEEE802.15.4.
- Comunicación a través de LoraWan (LPWAN).
- El rango en espacio abierto de los nodos alcanza hasta 20 km en espacio libre.

Arquitectura.

- Controlador: Componentes fundamentales donde cada luminaria incluirá.
- Estación de comando: Un punto de supervisión para la gestión de todo el sistema de alumbrado telegestionado.
- Reloj astronómico: Funcionamiento de las luminarias de acuerdo con el amanecer y atardecer.
- Sensor ambiental y CO₂/CO: Detección de las condiciones ambientales de temperatura, humedad, etc.
- Sensores especiales: Detección de movimiento, contaminación acústica y situaciones de auxilio.

Sistema de telegestión de OWLET del GRUPO SCHRÉDER.



- El sistema de gestión urbana Owlet IoT, fundamentado en normas abiertas.
- La comunicación por radiofrecuencia (R.F) entre los componentes locales permite una respuesta inmediata a eventos.
- Sistema híbrido que consta de una red de comunicación local entre las luminarias y una conexión de respaldo con los servidores del sistema.
- Los controladores de luminaria instalados socket universales NEMA de 7 pines.
- Interfaz gráfica que ofrece una vista completa y acceso en tiempo real al sistema.

Arquitectura.

- Controlador: Cada luminaria cuenta con un controlador único equipado con el hardware y software necesarios para una configuración independiente.
- Constan Light Output (CLO): Cumple la función de reducir la luminosidad excesiva y ajusta automáticamente la disminución de la luz.
- Centro de administración: Lugar donde se supervisa y administra todo el conjunto de alumbrado público.
- Sensores de movimiento: Detección de desplazamiento, iluminación, rapidez y orientación del viento.

3.5.3 Método de control propuesto para el sistema de telegestión

En cuanto a la implementación del sistema de telegestión a través de un perfil de control de iluminación, se diseñó teniendo en cuenta el flujo vehicular además de la luz natural durante la noche (ver las siguientes imágenes) en la avenida con el fin de disminuir el gasto energético en diversas franjas horarias.

Figura 37

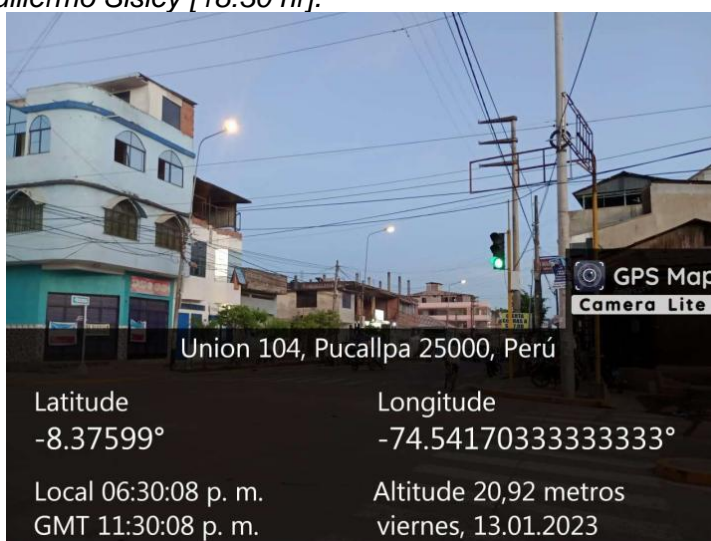
Foto de la Av. Guillermo Sisley [18:00 hr].



Nota: Elaboración propia.

Figura 38

Foto de la Av. Guillermo Sisley [18:30 hr].



Nota: Elaboración propia.

Figura 39

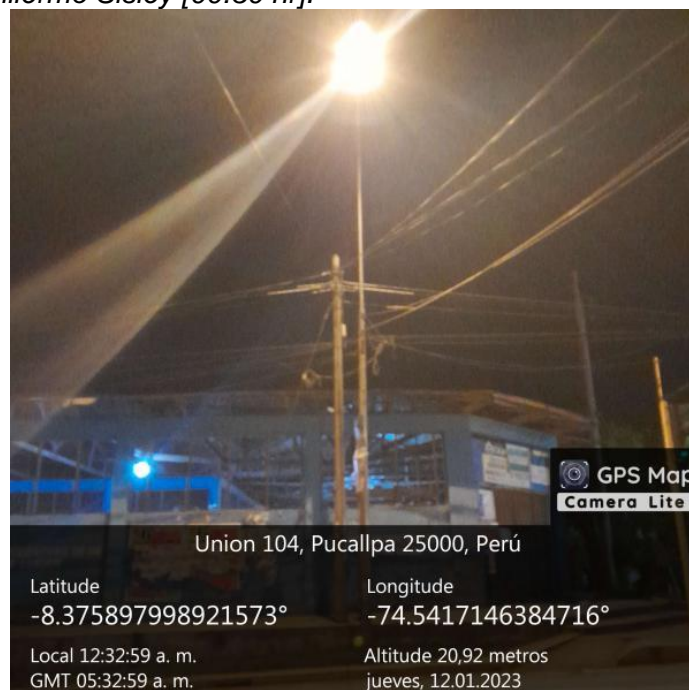
Foto de la Av. Guillermo Sisley [00:00 hr].



Nota: Elaboración propia.

Figura 40

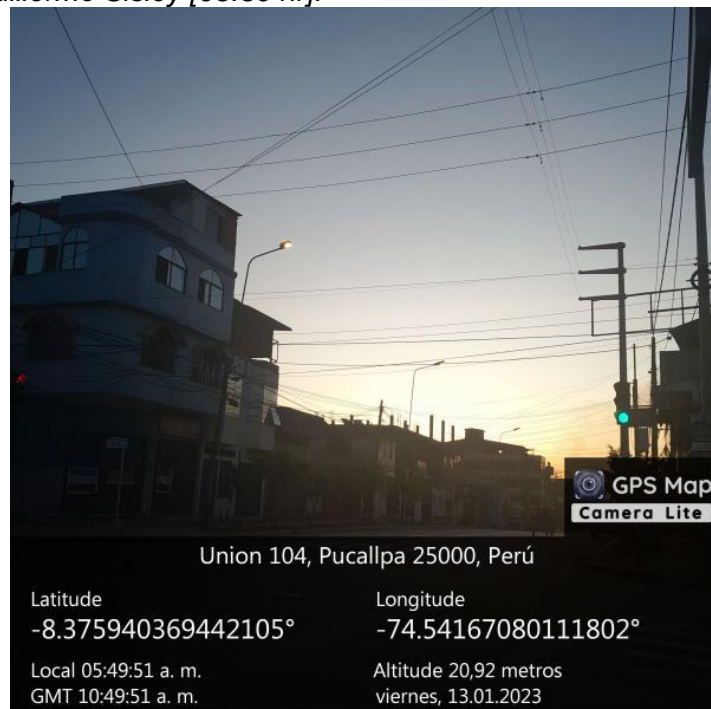
Foto de la Av. Guillermo Sisley [00:30 hr].



Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Foto de la Av. Guillermo Sisley [05:30 hr].



Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Foto de la Av. Guillermo Sisley [06:00 hr].



Nota: Elaboración propia.

La viabilidad económica del sistema de telegestión propuesto está intrínsecamente relacionada con la variación del nivel de iluminación a lo largo de la noche, conforme se detallado en la siguiente tabla.

Tabla 32

Plan de ahorro de energía.

Horario	Horas	% Carga AP
18:00-19:00 Horas	1	55%
19:00-24:00 Horas	5	100%
24:00-05:00 Horas	5	65%
05:00-06:00 Horas	1	55%

Nota: Elaboración propia.

Además, al proponer los porcentajes de carga, se tuvo en cuenta el cumplimiento de la normativa nacional en términos de calidad lumínica. El porcentaje mínimo seleccionado garantiza que todas las luminarias LED usadas cumplan con estos estándares.

Tabla 33

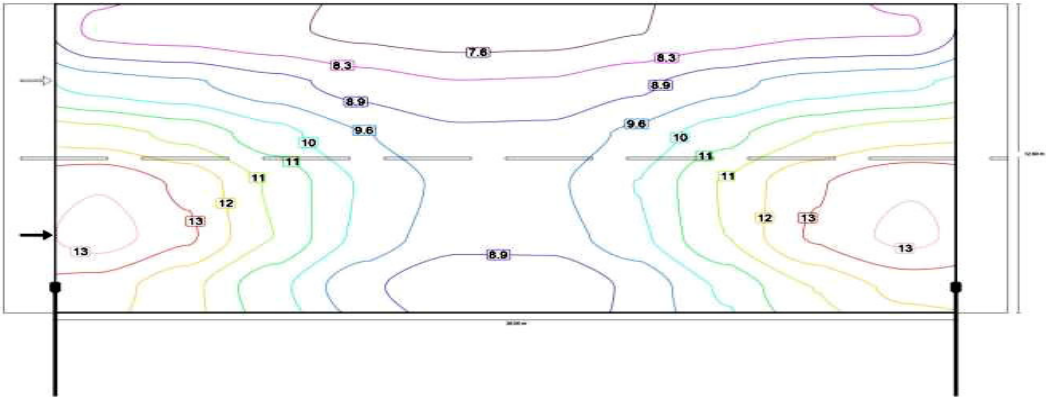
Comparación con la norma nacional.

Ítem	Luminaria	Referencia	Iluminación (lx)
1	Schröder AVENTO 1	10-20	13.20
2	Philips-BGP283	10-20	10.40
3	LUG Light Factory-URBANO LED	10-20	11.40
4	NIKKON-MURA M	10-20	10.30
5	NIKKON-SIGMA M	10-20	10.10

Nota: Elaboración propia.

Figura 43

Curvas Iso-iluminación [lx].



Nota: Elaboración propia mediante DIALux.

3.6 Resultados de las luminarias LED

Los resultados corroboran la efectividad de los dispositivos de iluminación LED escogidas en la mejora de la calidad de iluminación urbana. Esto se evidencia en su capacidad para satisfacer con los parámetros de iluminación, como iluminación media (E), luminancia media (L), uniformidad media (U_0) y uniformidad longitudinal (U_l), establecidos en la normativa vigente. A continuación, se proporciona una comparación entre los valores promedio obtenidos y los requerimientos normativos correspondientes.

Tabla 34

Comparación con la norma nacional.

Ítem	Características	Unid.	Nacional	Luminaria (Prom.)
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	18
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	1.22
2	Uniformidad media (U_0)		≥0.40	0.48
3	Uniformidad longitudinal (U_l)		≥0.65	0.94

Nota: Elaboración propia.

3.7 Resultados del sistema de telegestión

El perfil de control de iluminación propuesto previamente nos permite lograr ahorros de energía al tiempo que cumplimos con los estándares de calidad lumínica establecidos en las normativas. Inicialmente, las luminarias funcionarán al 55 % de su potencia durante 1 hora (de 18 a 19 horas), luego al 100 % de su potencia durante 5 horas (de 19 a 24 horas), luego al 65 % de su potencia durante 5 horas (de 24 a 05 horas) y finalmente al 55 % de su potencia durante 1 hora (de 05 a 06 horas). Siguiendo este escenario, logramos un ahorro energético del 22% como se puede ver en la siguiente tabla, y es importante destacar que las horas y los porcentajes pueden ajustarse o modificarse de acuerdo con la política de la empresa distribuidora. Para fines de cálculo, se define:

$$\text{Energía ahorrada por día (W.h)} = 100(W) \times (1 - \text{Porcentaje}(\%)) \times \text{Tiempo(h)} \quad (1)$$

Tabla 35*Ahorro de energía.*

Horas	%	Luminaria 100W	Energía ahorrada por día (W.h)
1	55%	55	45
5	100%	100	0
5	65%	65	175
1	55%	55	45
12		Total	265

Nota: Elaboración propia.

3.8 Análisis económico de consumo de energía

De acuerdo con las regulaciones establecidas en la Resolución N°206-2013-OS/CD (2013) del OSINERGMIN, se establece que la tarifa aplicable para la iluminación urbana es la tarifa BT5C.

Tabla 36*Evolución de la tarifa BT5C.*

TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado público			
Ítem	Vigencia	Cargo fijo mensual (S/ /mes)	Cargo por energía activa (ctm. S/ /kW.h)
1	04/01/2023	5.45	85.96
2	04/02/2023	5.45	82.74
3	04/03/2023	5.45	82.74
4	04/04/2023	5.42	81.90
5	01/05/2023	5.42	81.38
6	26/05/2023	5.42	81.38
7	04/06/2023	5.37	81.00
8	04/07/2023	5.37	81.00
9	04/08/2023	5.31	77.49
10	04/09/2023	5.38	77.82

Nota: OSINERGMIN.

3.9 Consumo de energía sin sistema de telegestión con luminarias LED

Según los datos recopilados y aplicando la tarifa correspondiente, tal como se indica en la tabla 36, para fines de cálculo, se define:

$$\text{Total(S)} = \text{Energía consumida(W)} \times \text{Cargo por energía(ctm. S//kW.h)} + \text{Cargo fijo(S//mes)} \quad (2)$$

Donde obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 37*Consumo de energía de Av. Guillermo Sisley.*

	Energía consumida (kW.h)	Total (S/)
Noche	73.80	S/ 57.61
Semanal	516.60	S/ 403.36
Mensual	2,214.00	S/ 1,728.31
Anual	26,937.00	S/ 21,026.93

Nota: Elaboración propia.**3.10 Ahorro de energía con sistema de telegestión con luminarias LED**

A continuación, se realiza el cálculo del ahorro que se conseguiría a partir de la aplicación de una red de control remoto con luminarias LED, donde se realizó un cambio de luminarias además de aplicar un perfil de control de iluminación para el ahorro de energía. consideramos lo indicado en la tabla 35, el cálculo se realizará de la siguiente manera:

$$\text{Energía ahorrada por Lum. (W.h)} = \Delta \text{Potencia de Lum. (W)} \times \text{Tiempo (h)} \times N^{\circ} \text{Luminarias} \quad (3)$$

$$\text{Energía ahorrada por Tel. (W.h)} = \text{Energía ahorrada por día (W.h)} \times N^{\circ} \text{días} \times N^{\circ} \text{Luminarias} \quad (4)$$

Donde obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 38*Comparación de consumo de energía.*

Luminarias		Ahorro por cambio de luminaria		Ahorro por telegestión	Total	
Equiv.		Δ Potencia (W)	Energía anual (kW.h)	Energía anual (kW.h)	Energía anual (kW.h)	S/ por Año
LED (W)	V.S (W)					
100	150	50	8,979.00	3,965.73	12,944.73	S/ 10,202.70

Nota: Elaboración propia.

3.11 Reducción de las emisiones de CO₂

Integrando los dispositivos de iluminación LED con la red de control remoto presentan un consumo de energía más bajo en comparación con tecnología actual. Esto resulta en un menor consumo anual de kilovatios-hora (kW.h), lo que contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂, responsables del efecto invernadero.

Para estimar las emisiones de CO₂, aplicamos la fórmula a continuación:

$$\text{Emisiones(kg CO}_2\text{)}=\text{consumo de energía(unidad)}\times\text{factor de emisión(kg CO}_2\text{/unidad)} \quad (5)$$

Donde:

- Desgaste energético se refiere a la cantidad de energía eléctrica, combustible fósil, gasóleo, GLP, gas natural, etc.; Expresa en sus unidades correspondientes como kilovatios-horas (kW.h), galones, kilogramos, metros cúbicos, etc.
- El coeficiente de emisión es un indicador predefinido que representa la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) emitida por cada unidad de un combustible.

Para el caso del Perú los factores de emisión de CO₂ se observan en la siguiente tabla:

Tabla 39

Factores de emisión de CO₂.

Fuentes	Factor	Unidad
Energía Eléctrica	0.615	kg CO ₂ /kW.h
GLP	2.75	kg CO ₂ /Kilogramo
Diesel	9.70	kg CO ₂ /galón
Gasolina	7.90	kg CO ₂ /galón
Leña	1.70	kg CO ₂ /Kilogramo

Nota: MINEM.

El ahorro de emisiones de CO₂ por año se calcula teniendo en cuenta los valores proporcionados anteriormente, donde el costo de una tonelada de CO₂ emitida es aproximadamente de 105 US\$.

Tabla 40*Reducción de Emisiones de CO₂.*

Energía anual (kW.h)	Factor (kg.CO ₂ /kW.h)	Reducción anual de kg.CO ₂	Reducción anual de kg.CO ₂ EN S/
12,944.73	0.615	7,961.01	S/ 3,117.93

Nota: Elaboración propia.

Podemos calcular que la adopción de los dispositivos de iluminación LED con el sistema de telegestión en lugar de la tecnología actual resulta en un ahorro de emisiones de 8 toneladas de CO₂. Esto equivaldría a un ahorro económico de aproximadamente S/ 3,117.93 anuales.

3.12 Comparación de la norma nacional vs internacional

Tabla 41*Categorización de la Av. Guillermo Sisley.*

Clase	
Iluminación	Superficie
M4	R4

Nota: RETILAP.

Tabla 42*Valores de luminancia e iluminación para la Av. Guillermo Sisley.*

Luminancia (L)		Iluminación (E)
Media (cd/m ²)	Uniformidad (U)	
	Media (U _o)	Longitudinal (U _l)
≥0.80	≥0.40	N. R
		Media (lx) ≥10

Nota: N. R (No requerido).

Tabla 43*Comparación con la norma nacional e internacional.*

Ítem	Características	Unid.	Nacional	Internacional	Luminaria prom.
1	Iluminación media (E)	lx	10-20	≥10	21±3
2	Luminancia media (L)	cd/m ²	1.00-2.00	≥0.80	1.37±0.22
3	Uniformidad media (U _o)		≥0.40	≥0.40	0.54±0.07
4	Uniformidad longitudinal (U _l)		≥0.65	N. R	0.90±0.04

Nota: Elaboración propia.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Medrado y presupuesto base

Para determinar la inversión inicial, tomamos en cuenta los valores de suministro, montaje y transporte de los componentes del sistema de telegestión con luminarias LED. Donde el costo de inversión requerida al año 2023 con un TC: 3.73 S/ /US\$ es de S/ 66, 867.92 (incluido I.G.V.), tal como se detalla en las siguientes tablas:

4.1.1 Suministro

Tabla 44

Suministro del sistema de telegestión con luminarias LED.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total (S/)
1	Luminaria de alumbrado público con Tecnología LED de 90-100 W.	Und.	41	S/ 559.15	S/ 22,925.15
2	Controlador para luminaria de AP.	Und.	41	S/ 490.70	S/ 20,118.70
3	Software de gestión.	Gld.	1	S/7,361.95	S/ 7,361.95
Sub Total					S/ 50,405.80

Nota: Elaboración propia.

4.1.2 Montaje

Tabla 45

Montaje del sistema de telegestión con luminarias LED.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total (S/)
1	Cambio y/o instalación de luminaria.	Und.	41	S/ 41.57	S/ 1,704.37
2	Cambio y/o instalación de equipos de control de AP.	Und.	41	S/ 53.44	S/ 2,191.04
Sub Total					S/ 3,895.41

Nota: Elaboración propia.

4.1.3 Transporte

Tabla 46

Transporte del sistema de telegestión con luminarias LED.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total (S/)
1	Controlador para luminaria de AP.	Und.	41	S/ 28.86	S/ 1,183.26
2	Luminaria de alumbrado público con Tecnología LED de 90-100 W.	Und.	41	S/ 28.86	S/ 1,183.26
Sub Total					S/ 2,366.52

Nota: Elaboración propia.

4.1.4 Resumen

Tabla 47

Valor referencial del sistema de telegestión con luminarias LED.

Ítem	Descripción	Total (S/)
1	Suministro de materiales	S/ 50,405.80
2	Montaje electromecánico	S/ 3,895.41
3	Transporte de materiales	S/ 2,366.52
	SUB Total (Sin I.G.V.)	S/ 56,667.73
	Impuesto General a las Ventas I.G.V.	S/ 10,200.19
	Costo Total (Incluye I.G.V.)	S/ 66,867.92

Nota: Elaboración propia.

4.2 Cálculo del retorno de la inversión

Para el cálculo del retorno de la inversión consideramos los siguientes valores:

- Tasa de interés financiero: 12%.
- Plazo de evaluación: 20 años.
- Tiempo de vida de las lámparas: 24 años (100000 h).
- Mantenimiento (Limpieza): 2% de la inversión inicial (Aplicado a partir del 5^{to} año).
- Tipo de cambio: 3.73 S/ /US\$.

Donde las siguientes tablas podemos observar lo siguiente:

Para cada la avenida a Intervenir tenemos un VAN positivo y un TIR encima del 12%.

Tabla 48

Evaluación económica del sistema de telegestión con luminarias LED.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión	66,86 7.92																				
Beneficios	0.00	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,20 2.70	10,20 2.70
Ahorros		10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,2 02.7 0	10,20 2.70	10,20 2.70
Costos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,498 .42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,498 .42	1,498 .42
O&M		0.00	0.00	0.00	0.00	1,498 .42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,49 8.42	1,498 .42	1,498 .42
Flujo Neto	- 66,86 7.92	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	10,20 2.70	8,704 .29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,70 4.29	8,704 .29	8,704 .29
Flujo Neto Acumulado	- 66,86 7.92	- 56,66 5.22	- 46,46 2.51	- 36,25 9.81	- 26,05 7.10	- 17,35 2.81	- 8,64 8.53	55.7 6	8,76 0.05	17,4 64.3	26,1 68.6	34,8 72.9	43,5 77.2	52,2 81.4	60,9 85.7	69,6 90.0	78,3 94.3	87,0 98.6	95,8 02.9	104,5 07.21	113,2 11.50

Nota: Elaboración propia.

Tabla 49

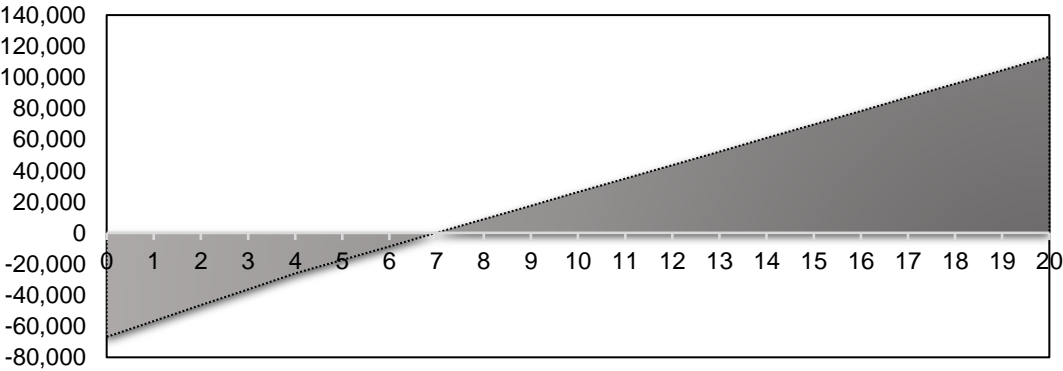
Resumen.

Inversión	S/ 66,867.92
VAN	S/ 2,699.48
TIR - (%)	12.67%
PR (Año; Mes)	6
	30

Nota: Elaboración propia.

Figura 44

Flujo acumulado.



Conclusiones

1. La evaluación técnico-económica del sistema de telegestión con luminarias LED en la Av. Guillermo Sisley, región Ucayali, ha demostrado tener un impacto significativo en la mejora de la calidad del servicio de alumbrado público debido a sus claras ventajas sobre el alumbrado convencional actual. Con una inversión inicial de S/66,867.92, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de S/2,699.48 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.67%. Estos resultados respaldan la viabilidad del proyecto, lo que se traduce en mejoras en los siguientes apartados con base en los objetivos específicos establecidos:

2. La implementación del sistema de telegestión con luminarias LED ha generado una reducción notable en los costos asociados al servicio de alumbrado público. En el análisis económico se ha confirmado que el proyecto obtuvo un ahorro anual de S/ 10,202.70. Adicionalmente, la transición hacia tecnologías más sostenibles genera un ahorro anual por emisiones de CO₂ de S/ 3,117.93.

3. Se ha constatado un nivel significativo en el ahorro de energía anual siendo este del 48% del sistema convencional actual, equivalente a 26,937.00 kW.h. De este ahorro, 8,979.00 kW.h, lo que equivale al 33%, proviene del cambio de luminarias, y 3,965.73 kW.h, representa un 15%, es atribuible al uso del sistema de telegestión.

4. El análisis de la calidad de la iluminación proporcionado por el sistema de telegestión con luminarias LED ha arrojado resultados positivos en cuanto a la uniformidad (U_o), iluminación (E) y adecuada luminancia (L) para el área de estudio, cumpliendo con los estándares nacionales y siendo comparables con las normativas internacionales, como se detalla en la tabla 43.

Recomendaciones

1. Recomendaciones para la selección de luminarias LED

- **Distribución Uniforme de la Iluminación:** Seleccionar luminarias LED con curvas de iluminación que aseguren una distribución uniforme de la luz en la vía.

- **Eficiencia Luminosa:** Optar por luminarias LED altamente eficientes que ofrezcan alrededor de 140 lm/w para maximizar la eficiencia energética.

2. Recomendaciones para el software de telegestión:

- **Seguridad del Sistema:** Asegurarse de que el software cuente con un sólido sistema de seguridad basado en nombres de usuario y contraseñas.

- **Actualizaciones en Línea:** Habilitar actualizaciones remotas del software en línea.

- **Escalabilidad:** Asegurar que el software sea escalable para integrar medidores y otros dispositivos dentro del rango de cobertura sin inconvenientes.

- **Ampliación de Cobertura:** Permitir la ampliación del software de telegestión para controlar un mayor número de luminarias a medida que el proyecto crezca.

3. Debido a la rápida evolución de la tecnología, se sugiere implementar un plan de actualización y mantenimiento continuo para mantener la eficiencia del sistema de telegestión. Donde, es esencial evaluar la operación del sistema de iluminación después de la implementación para refinar aún más el ahorro energético, como llevar a cabo un estudio para proponer un perfil de control de iluminación con datos actuales, maximizando los beneficios del proyecto.

4. Se recomienda considerar la realización de múltiples estudios de en diferentes ubicaciones para evaluar la efectividad del sistema de telegestión con luminarias LED en diversas condiciones y contextos.

Referencias bibliográficas

- Aramburu, I. (2020). Grupo Electrostocks aportando valor al sector con la iluminación. *GES NEWS*, (2), 3.
https://www.grupoelectrostocks.com/marketing/GES_NEWS/MAGAZINE_GES_NEWS_II_low.pdf
- Deco, F. (2020). Evolución del alumbrado público en la ciudad de Rosario. *Revista luminotecnía*, (150), 2-8.
https://www.editores.com.ar/sites/default/files/fernando_deco_20201204_evolucion_del_alumbrado_publico_en_la_ciudad_de_rosario.pdf
- Duinea, A. M., & Stan Ivan, F. E. (2021). Solution for modernizing the public street lighting system with LED type lamps and remote management. *J. Sustain. Energy*, 12(2), 71-76.
- Encalada Espinoza, O. J. (2012). *Plan piloto de telegestión para el control de alumbrado público para la vía Cuenca – Descanso* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional UCUENCA.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/704>
- Flore Lora, R. O. (2018). *Ahorro energético en alumbrado público con el desarrollo de un prototipo de sistema de telegestión remoto para lámparas tipo LED de la empresa eléctrica EMELNORTE S.A.* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional EPN.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19460>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1999). *IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: High Speed Physical Layer in the 5 GHz band* (IEEE 802.11a).

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1999). *IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band* (IEEE 802.11b).

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2002). *IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN - Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)* (IEEE 802.15.1).

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2003). *IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)* (IEEE 802.15.4).

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2009). *IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput* (IEEE 802.11n).

Jinchuña Illa, J. C. (2019). *Análisis técnico-económico de sistemas de telegestión para la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13696>

Ley N°25844. Ley de concesiones eléctricas y reglamento (19 de noviembre de 1992).

[https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY
CONCESIONES ELECTRICAS.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY_CONCESIONES_ELECTRICAS.pdf)

Resolución N°013-2003-EM/DM. Norma Técnica DGE: “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución” (14 de enero de 2003).

<https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4778838-013-2003-em-dm>

Resolución N°015-2020-MINEM/DM. Aprobar la modificación de las cuatro (04) Fichas de Homologación para Luminarias LED de alumbrado público aprobadas mediante Resolución Ministerial N°415-2018-MEM/DM (18 de enero de 2020).

<https://minem.gob.pe/legislacion.php?idSector=10&idLegislacion=15301>

Resolución N°017-2003-EM/DGE. Norma Técnica DGE: “Alumbrado en áreas rurales” (31 de enero de 2004).

<https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4774985-017-2003-em-dge>

Resolución N°018-1331. RETILAP–Alumbrado público (06 de agosto de 2009).

[https://www.mincit.gov.co/temas-interes/reglamentos-tecnicos/ministerio-de-
minas-y-energia/resolucion-n-ordm-18-1331-del-6-de-agosto-de-2009](https://www.mincit.gov.co/temas-interes/reglamentos-tecnicos/ministerio-de-minas-y-energia/resolucion-n-ordm-18-1331-del-6-de-agosto-de-2009)

Resolución N°206-2013-OS/CD. Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final (17 de octubre de 2013).

<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/708081-206-2013-os-cd>

Resolución N°415-2018-MINEM/DM. Aprobar cuatro fichas de Homologación para Luminarias LED de alumbrado público (22 de octubre de 2018).

<https://minem.gob.pe/legislacion.php?idSector=10&idLegislacion=13594>

Resolución N°521-2023-MINEN/DM. Aprobar cuatro (4) Fichas de Homologación de luminarias led de alumbrado público (27 de diciembre de 2023).

[https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4983676-521-2023-minem-
dm](https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4983676-521-2023-minem-dm)

Segama Salvatierra, R. T. (2017). *Propuesta de implementación de un sistema de telegestión de alumbrado público para el campus universitario de la Universidad de*

la Nacional de Ingeniería [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
Repositorio institucional UNI.

<http://hdl.handle.net/20.500.14076/12244>

Tamayo, J., Salvador, J. & Vásquez, A. (2016). HISTORIA la electricidad en el Perú. En C. Vilches (Ed.), *La industria de La electricidad en el Perú:25 años de aportes al crecimiento económico del país* (pp. 82-87). OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería).

[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/E77149FC8E4807D2052582030061E1AD/\\$FILE/1_pdfsam_Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/E77149FC8E4807D2052582030061E1AD/$FILE/1_pdfsam_Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf)

Anexos

Anexo 1: Normas nacionales e internacionales.....	1
Anexo 2: Planos.....	13
Anexo 3: Fichas técnicas	17
Anexo 4: Detalles de la simulación DiaLux	25
Anexo 5: Detalles de la simulación DiaLux con perfil de control.....	46

Anexo 1

Normas nacionales e internacionales



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

Resolución Ministerial

N° 521-2023-MINEM/DM

Lima, 27 DIC. 2023

VISTOS: El Oficio N° 000683-2023-PERÚ COMPRAS-JEFATURA de la Central de Compras Públicas – PERÚ COMPRAS; el Informe N° 042-2023-MINEM/DGEE-JWCCH y el Memorando N° 926-2023/MINEM-DGEE de la Dirección General de Eficiencia Energética; el Memorando N° 721-2023/MINEM-VME del Despacho Viceministerial de Electricidad; el Informe N° 1300-2023-MINEM/OGAJ de la Oficina General de Asesoría Jurídica; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 1 de la Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía, declara de interés nacional la promoción del Uso Eficiente de la Energía para asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos; asimismo, el artículo 2 de la referida Ley, señala que el Ministerio de Energía y Minas es la autoridad competente del Estado para la promoción del uso eficiente de la energía;

Que, el literal b) del numeral 6.3 del artículo 6 del Reglamento de la Ley N° 27345, aprobado por Decreto Supremo N° 053-2007-EM y sus modificatorias, establece que las entidades del Sector Público utilizarán, para fines de iluminación y otros usos, equipos eficientes que cumplan con las características técnicas determinadas por el Ministerio de Energía y Minas;

Que, el numeral 1.1 del artículo 1 del Decreto Supremo N° 004-2016-EM, Decreto Supremo que aprueba medidas para el uso eficiente de la energía, establece que las entidades y/o empresas públicas en la medida que requieran adquirir o reemplazar equipos energéticos, deben ser reemplazados o sustituidos por la tecnología más eficiente que exista en el mercado al momento de su compra; para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas, mediante Resolución Ministerial, establece los lineamientos y/o especificaciones técnicas de las tecnologías más eficientes de equipos energéticos previo procedimiento de homologación previsto en la Ley de Contrataciones del Estado;

Que, asimismo, el numeral 1.2 del artículo 1 del citado Decreto Supremo señala que, los equipos energéticos, que se encuentran dentro del alcance de lo antes establecido, son los siguientes: lámparas, balastos para lámparas fluorescentes, aparatos de refrigeración, calderas, motores eléctricos trifásicos asíncronos o de inducción con rotor de jaula de ardilla, lavadoras, secadoras de tambor de uso doméstico, aparatos de aire acondicionado y calentadores de agua;

Que, el numeral 17.1 del artículo 17 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, aprobado por Decreto Supremo N° 082-2019-EF, establece



aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas y sus modificatorias; y, la Directiva N° 008-2023-PERÚ COMPRAS denominada "Disposiciones sobre el Proceso de Homologación de Requerimientos", aprobada por Resolución Jefatural N° 164-2023-PERÚ COMPRAS-JEFATURA;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobación de Fichas de Homologación

Aprobar cuatro (04) Fichas de Homologación de luminarias led de alumbrado público, que como Anexos forman parte integrante de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 2.- Publicación

Disponer la publicación de la presente Resolución Ministerial y sus Anexos en el Portal Institucional del Ministerio de Energía y Minas (www.gob.pe/minem), el mismo día de la publicación de la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial "El Peruano".

Artículo 3.- Comunicación a Perú Compras

Remitir copia de la presente Resolución Ministerial y sus Anexos a la Dirección de Estandarización y Sistematización de la Central de Compras Públicas - PERÚ COMPRAS, el mismo día de la publicación de la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto en el numeral 8.13.2 de la Directiva N° 008-2023-PERÚ COMPRAS denominada "Disposiciones sobre el Proceso de Homologación de Requerimientos", aprobada por Resolución Jefatural N° 164-2023-PERÚ COMPRAS-JEFATURA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.



.....
OSCAR ELECTO VERA GARGUREVICH
Ministro de Energía y Minas





FICHA DE HOMOLOGACIÓN

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIEN

Denominación del bien	:	Luminaria LED de alumbrado público para vía Tipo de Alumbrado II de 90 W a 100 W.
Denominación técnica	:	Luminaria para alumbrado público con tecnología LED, para vía Tipo de Alumbrado II de 90 W a 100 W. Con módulos LED del tipo SMD.
Unidad de medida	:	Unidad
Descripción general	:	Luminaria para alumbrado público diseñada para ser parte de un sistema conformado de un poste y pastoral o adosada a una pared, que incorpora una o más fuentes de iluminación LED. Con Tecnología con módulos LED del tipo SMD "Surface Mounted Device" LED. Utilizado en el alumbrado público de diferentes tipos de espacios viales.

2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL BIEN

2.1. Del bien

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Carcasa		
Aleación de aluminio, inyectado a alta presión	Cumplir con lo establecido en la norma de la referencia	ASTM D 3359-17 Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test
Fuerte, liviano y resistente a la polución		
Pintura poliésterica en polvo aplicada electrostáticamente y secado en horno		
Espesor mínimo: 80 micrones		
Clasificación mínima: 4B		

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD**

**NORMA TÉCNICA DGE “ALUMBRADO
DE VÍAS PÚBLICAS EN ZONAS DE
CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN”**

2002

TABLA I
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.

3.1. Requerimiento para el diseño y la 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 II, de acuerdo al tipo de alumbrado que corresponde a la vía, conforme al numeral 2 de la presente Norma.

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

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

TABLA II
Niveles de luminancia , iluminancia
e índice de control de deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m ²)	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

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

3.1.1 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.

En ambos casos, se respetarán los valores que a continuación se señalan en las Tablas III y IV:

Tabla III
Uniformidad de luminancia

Tipo de alumbrado	Uniformidad Longitudinal	Uniformidad media
I	$\geq 0,70$	$\geq 0,40$
II	$\geq 0,65$	$\geq 0,40$

Tabla IV
Uniformidad media de iluminancia

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



ISBN 978 3 901906 86 2

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

LIGHTING OF ROADS FOR MOTOR AND PEDESTRIAN TRAFFIC

CIE 115:2010
2nd Edition

UDC: 628.971
628.971.6

Descriptor: Exterior lighting
Street lighting (fixed)



Libertad y Orden

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

RESOLUCIÓN NÚMERO No 18 0540

() 13 0 MAR. 2010

Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones.

EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGIA

En ejercicio de sus facultades legales, en especial las que le confiere la Ley 697 de 2001, el Decreto 070 de 2001, el Decreto 2424 de 2006, el Decreto 2501 del 2007 y el Decreto 3450 de 2008 y,

CONSIDERANDO

Que el Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP- , mediante Resolución 18 1331 del 6 de agosto de 2009.

Que producto del análisis y dinámica del Reglamento Técnico se requiere aclarar algunos requisitos de productos, realizar ajustes de redacción para facilitar su aplicación, así como reenumerar tablas y figuras, a fin de que los requisitos establecidos sean de fácil identificación. Adicionalmente se hace necesario expedir en un solo documento el Anexo General con el objeto de facilitar su consulta.

Que se han presentado dificultades en la certificación de los productos objeto de reglamento, por la carencia de laboratorios acreditados lo cual ha generado que a la fecha no se cuente con productos certificados bajo RETILAP. Por esta razón se requiere establecer mecanismos transitorios tanto para el sistema de certificación de productos, como para el tipo de certificados aceptados para demostrar la conformidad.

Que por lo anterior, se expidió la Resolución 18 0265 del 19 de febrero de 2010, mediante la cual se aplazó la entrada en vigencia del RETILAP hasta el 1 de abril de 2010.

Que de conformidad con lo dispuesto en la Resolución 18 0265 de 2010, el Ministerio de Minas y Energía publicó en su página Web, la propuesta de modificación y convocó a los interesados a participar en la discusión y aclaración del RETILAP; para lo cual se llevaron a cabo mesas de trabajo durante los días 9,10 y 11 de marzo de 2010.

Clase de iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
		Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Tabla 510.1.1 a. Clases de iluminación para vías vehiculares.

510.2.1 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN MANTENIDOS PARA VÍAS VEHICULARES.

Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en la Tabla 510.2.1 a. para luminancia, cuando este es el criterio aplicado. Los valores son para piso seco.

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_o Mínimo	Incremento de umbral T_I % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_l Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2.0	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1,2	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	N.R	N.R
M5	0,6	0,4	15	N.R	N.R

Tabla 510.2.1.a. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada

NR: No requerido

Se podrán hacer diseños con base en criterio de iluminancia para las vías consideradas en la tabla 510.2.1 b.

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E_{min} / E_{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Tabla 510.2.1 b. Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas

**Ficha
INFORMATIVA**

Ejemplo:

¿Cuántos kilogramos de CO₂ emite una familia que consume 2500 kWh de energía eléctrica en un año?

Huella de carbono (energía eléctrica) = 2500 kWh/año × 0,4119 kgCO₂/kWh

Huella de carbono (energía eléctrica) = 1029,8 kgCO₂/año

Factores de emisión de kgCO ₂		
Energético	Factor	Unidades
Electricidad	0,4119	kgCO ₂ /kWh
GLP	2,75	kgCO ₂ /kg
Diésel	9,7	kgCO ₂ /galón
Gasolina	7,9	kgCO ₂ /galón
Leña	1,7	kgCO ₂ /kg

¿Qué impacto tiene la huella de carbono?

Es muy difícil para la mayoría de las personas reconocer que nuestras actividades diarias emiten CO₂, puesto que este gas es incoloro, que en la mayoría de los casos, como el consumo de energía eléctrica, agua y papel, las emisiones de CO₂ se generan durante el proceso de producción del bien o servicio y no en el consumo final. Pero su incremento está ocasionando daños muy significativos en el planeta, como:

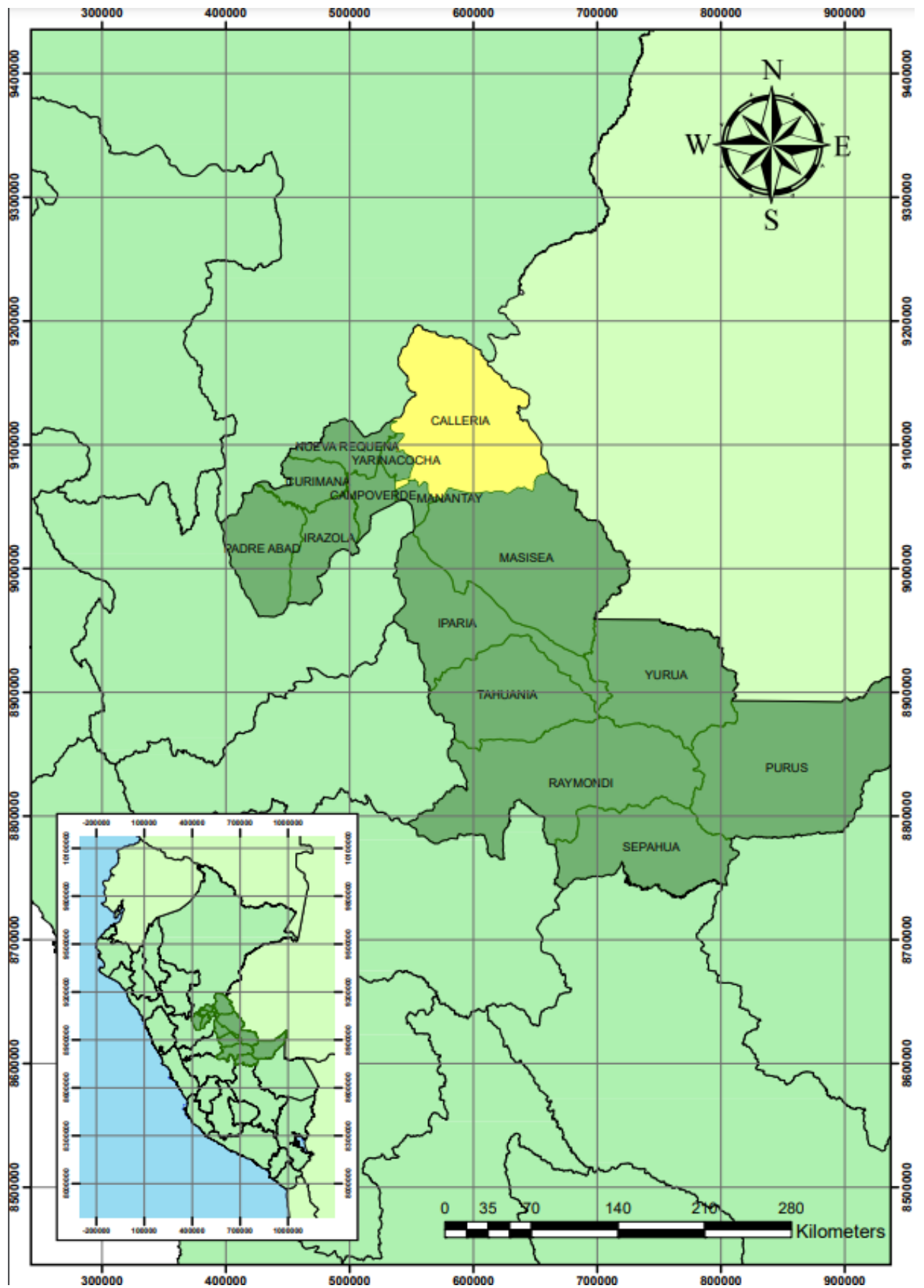
1. Cambios climáticos: incremento de la temperatura global del planeta Tierra, deshielo de los glaciares y los polos, incremento o disminución de las precipitaciones.
2. Cambios en la producción: pérdidas o disminución en la producción agrícola, pecuaria (ganadera) y pesquera.
3. Salud humana: reaparición de enfermedades tropicales ya erradicadas, como el dengue, la malaria, el cólera e incremento de casos de cáncer a la piel, etc.
4. Provisión de agua: evaporación adicional de ríos y lagos, disminución en la productividad de la energía eléctrica y, en consecuencia, menor suministro de agua potable.
5. Biodiversidad: daños irreversibles en los ecosistemas que desaparecen con pequeños cambios de temperatura.

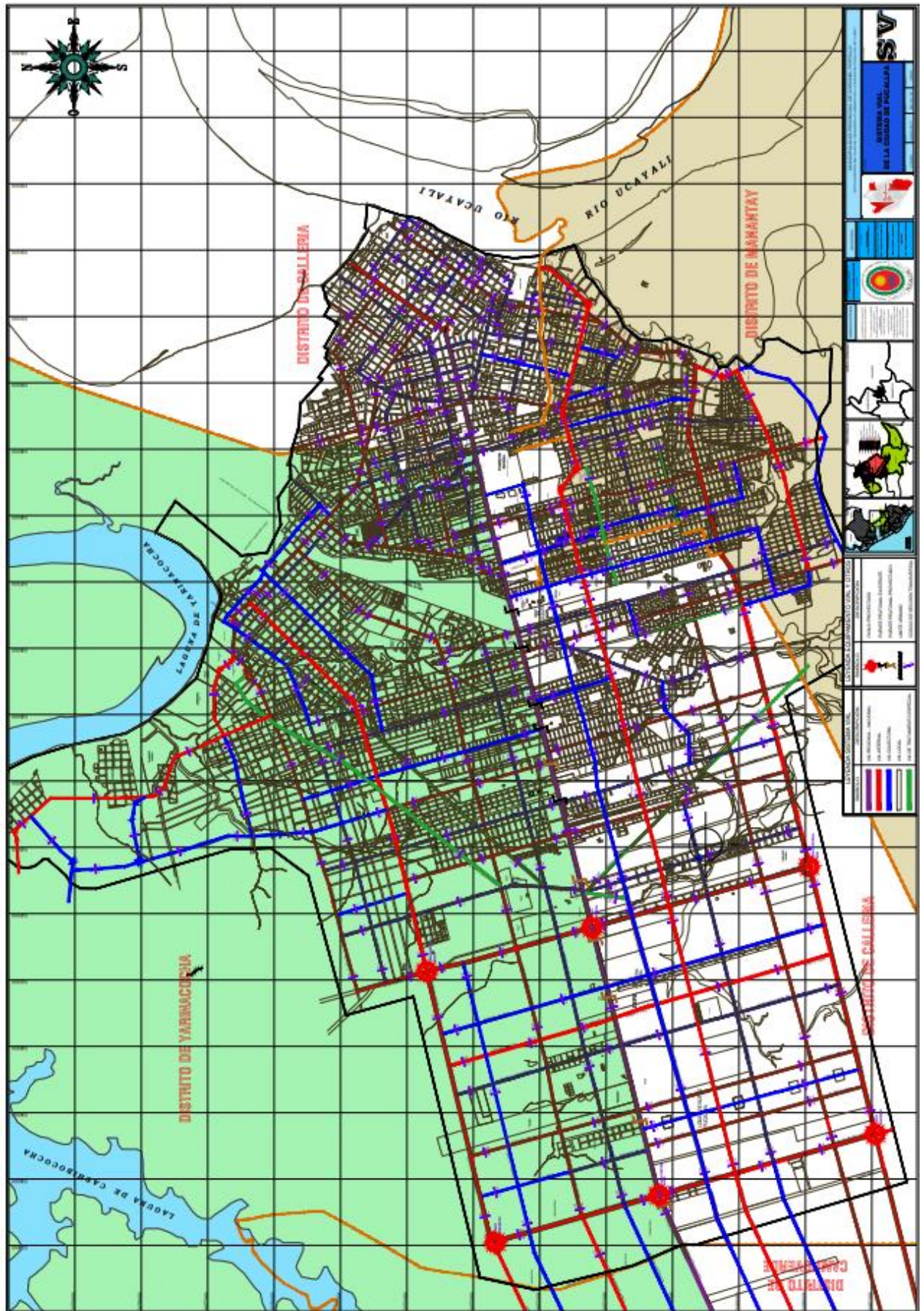
Entonces, ¿cuáles son las razones por las que debemos reducir la huella de carbono? En el caso del Perú, para que nuestro país sea más competitivo comercialmente a nivel nacional e internacional, mejorar la economía familiar, prolongar la duración de nuestros recursos energéticos y paralelamente reducir el calentamiento global.



Anexo 2

Planos





Anexo 3

Fichas técnicas

The budget-friendly high efficacy solution

Compact yet powerful, light yet robust, affordable yet highly efficient, AVENTO provides the fastest return on investment for road and area lighting. AVENTO offers a superior lumen/watt ratio to deliver a high-performing, energy efficient, lighting solution.

- ▶ Pole height: 4m - 45m
- ▶ Cost-effective and efficient lighting solution
- ▶ Superior efficacy
- ▶ Accelerated return on investment
- ▶ 4 sizes for flexibility and consistency when lighting P1 to P6 and M1 to M6 applications in accordance with CIE 115
- ▶ Easy and fast installation
- ▶ Wide temperature operating range
- ▶ Dark sky compliant: ULR = 0%, no up-light

CONCEPT

Family of 3 road LED luminaires

Recommended installation height: between 4m and 45m

For optimal heat dissipation, the driver and LED engine are in separate compartments and juxtaposed in a horizontal section

HOUSING & FINISH

- Housing in high-pressure, die-cast aluminium, polyester powder coated
- Top Cover in Polypropylene for AVENTO S
- Colour: RAL 7040

INSTALLATION

- Luminaire fixed by side-entry, suitable for 42 - 48 - 60mm diameter
- Built-in inclination 0° for AVENTO 1 & 2
- Avento S enables on-site adjustment of the tilt angle by 5° step (-10° to +5°).
- Post-top adapter diameter 48-60mm or 76mm, tightened with 2 stainless steel screws
- Direct access to the driver compartment without tool for easy maintenance on-site

OPTICAL UNIT

- Protected against lens degradation by 5mm thick extra-clear hardened glass
- Flatbed PCB with acrylic lens overlay principle
- Photometric distributions: for medium road to motorway, medium and large area
- CRI > 70
- ULR: 0%

LED lumen depreciation

- Lifetime residual flux @ Tq=25°C
- @ 100.000 hrs: 700mA on the driver: 85%

ELECTRICAL

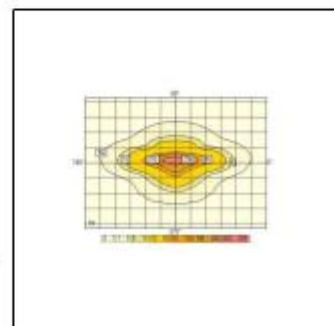
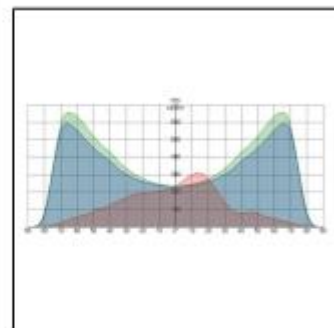
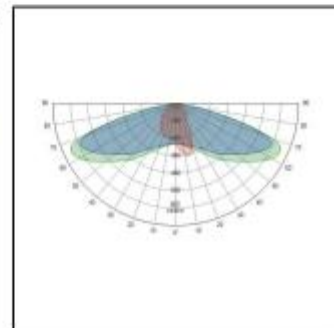
- Class I (CL II for Avento S)
- Input voltage: 120-277V - 50-60Hz
- Power factor > 90% at full load
- Surge protection: 10kV minimum (20kV optional)

STANDARDS & CERTIFICATIONS

- CE
- ENEC
- LM79-80
- ROHS
- Vibrations 0,5g X/Y/Z rated - Standard IEC 60068-2-6 modified
- All measurements in ISO17025 accredited laboratory

OPTIONS

- Other RAL or AKZO colours
- OWLET remote management
- Photocell



Product data sheet

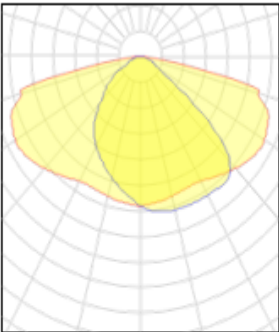
UNISTREET GEN2 BGP283 T25 1 XLED180-4S/757 DM11
BGP281
PHILIPS



PHILIPS

The easy way to ledify your road lighting – UniStreet gen2 Designed for large-scale ledification projects, the UniStreet gen2 is the ideal 1:1 luminaire replacement for municipalities. Thanks to its high efficiency and low initial cost, the UniStreet gen2 luminaire enables a fast payback and significant savings in terms of energy consumption within a short period of time. The ease of installation and maintenance is enabled by the Philips Service tag and the Philips SR (System Ready) socket makes it future-ready and you can pair this luminaire with lighting control and software applications such as Interact City. Available with a number of different optics and lumen packages that can even be tuned further to fit exact project requirements, UniStreet gen2 is a true point-to-point replacement solution for conventional light sources. The compact luminaire, using high-quality materials is also easy to dismantle and recycle at the end of its lifetime.

Light output 1



1 x LED			
Nominal lamp power	112 W	LOR	87%
Lamp flux	18000 lm	Total flux	15622 lm
Luminous efficacy	139 lm/W	Total power	112 W
CCT	5700 K		
CRI	70		

Mounting mode

Pole top mounted

Electric

System power: 112 W

Shape and measurements

Length: 22.83 in

Width: 13.39 in

Height: 5.79 in

Product data sheet

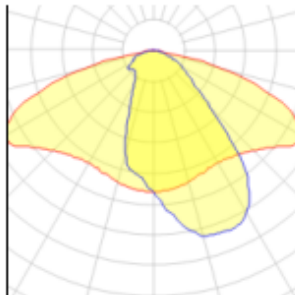
URBANO LED 102W 15300LM 4000K IP66 O52 - FOR TOWN ROADS REGULATION -15° ... 0° (O50, O51, O52, O53, O54, O55... 130195.5L32.1121

LUG



Professional streetlight luminaire for LED light sources. Mounting: on pillar $\varnothing 60/76$ mm, on pillar $\varnothing 60/48$ mm (only for luminaires with a degree of regulation $0^\circ \dots +15^\circ$) - modification .834, on outriggers $\varnothing 60/76$ mm, on outriggers $\varnothing 60/48$ mm (only for luminaires with a degree of regulation $0^\circ \dots +15^\circ$) - modification .834 Body: high pressure die-cast aluminum Lateral Surface Wind Exposed: 0.049 m^2 Power: 220-240V 50/60Hz Lifetime LED (L90): 100 000 h Available on request: DALI, DIM 1...10V, LLOC, twilight sensor, 10kV surge protection, NTC Additional information: Tilt adjustment: 5° , knife switch (for protection class I), access to the driver chamber without the use of tools. The possibility of using one or more power supplies in the luminaire. Additional equipment: luminaire with holder for mounting on a $\varnothing 60/48$ mm pillar (only for luminaires with a degree of regulation $0^\circ \dots +15^\circ$) - index extension: .834 Other remarks: the pole and boom are not part of the luminaire Warranty: 5 years Application: freeways, express roads, local roads, town roads, residential area roads, area lighting Type of optics: O52 - for town roads

Light output 1 (integrated)



Lamp type	LED	CCT	4000 K
Nominal lamp power	102 W	CRI	70
Total flux	15300 lm	LOR	100%
Luminous efficacy	150 lm/W	Total power	102 W

Mounting mode

Pole top mounted

Shape and measurements

Length: 28.74 in

Width: 11.61 in

Height: 5.31 in

Adjustability

Tiltable

Design

Color of housing: Anthracite / graphite

Electric

System power: 102 W

Appliance Class: I

Protection

IP: 66

IK: 09

Product data sheet

100W LED STREET LANTERN (4000K) (TYPE 2)

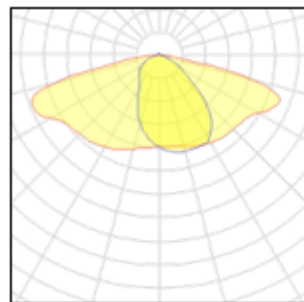
MURA M

NIKKON



MURA M 100W LED Street Lantern (4000K) (Type 2)

Light output 1 (integrated)



Lamp type	LED	CCT	3953 K
Nominal lamp power	102.22 W	CRI	99
Total flux	13906 lm	LOR	100%
Luminous efficacy	136 lm/W	Total power	102.22 W

Mounting mode

Pole integrated

Electric

System power: 102.22 W

Shape and measurements

Length: 3.94 in

Width: 3.94 in

Height: 3.94 in

Protection

IP: 66

Adjustability

Fixed

Product data sheet

100W LED STREET LANTERN (3000K) (TYPE 2)

SIGMA-M

NIKKON

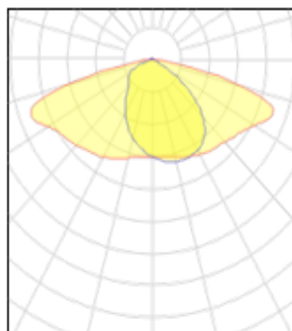


NIKKON®



NIKKON SIGMA-M 100W LED Street Lantern (3000K) (Type 2)

Light output 1



1 x LED			
Nominal lamp power	100 W	LOR	95%
Lamp flux	15000 lm	Total flux	14197 lm
Luminous efficacy	150 lm/W	Total power	100.9 W
CCT	2962 K		
CRI	99		

Mounting mode

Pole integrated

Shape and measurements

Length: 3.94 in

Width: 3.94 in

Height: 3.94 in

Adjustability

Fixed

Electric

System power: 100.9 W

Appliance Class: I

Protection

IP: 66

IK: 08

TECNOLOGÍA

Nodos de Gestión Nimbus

1. Nodos Master/Slave con modem GPRS/3G / LORA TM / PLC-PRIME / IEE 802.15.4
2. Conectividad LoraWan en emplazamientos dotados de red LORAWAN.
3. Backup de batería de hasta 1400mAh por nodo permite que el sistema mantenga todas las funciones IOT a pesar de que se corte el suministro eléctrico.
4. Nodos Slave con transceptor radio ISM tecnología LORA TM.
5. Los nodos Master relevan los paquetes de los nodos slave en modo broadcast, el cloud es el encargado de ordenar la Información y anotar los caminos redundantes.
6. Cualquier nodo es master/Slave en función del estado de su conectividad GPRS, es decir, si se activa el servicio del SIM integrado.
7. La red se re-adapta en tiempo real a la caída / restauración de masters.
8. Los mensajes en modo LORA usan encriptación asimétrica ECC + AES, co intercambio de clave segura Diffie-Hellman.



9. Cualquier nodo slave se puede convertir en nodo master con la simple activación del SIMCARD interno. Lo cual simplifica, si necesidad de personal técnico especializado y de forma remota, la resolución de cobertura en puntos críticos.
10. La conectividad de los nodos masters a cloud via GPRS usa tarjetas VPN.
11. El modo de trabajo VPN permite un alto nivel de seguridad a la vez que permite que se tengan IP's fijas, que en cualquier momento y en tiempo real pueden ser contactadas.
12. Alcance en espacio abierto de nodo slave ->master de hasta 20Km en espacio libre. (se dispone de estudios elaborados por la propia empresa bajo NDA).
13. La tecnología LORA sobre banda ISM libre 868.3MHz, garantiza que si existe un nodo master en cada calle, cada nodo disponga de múltiples opciones de repetición incluso en entornos de cascos urbanos antiguos.

Owlet IoT

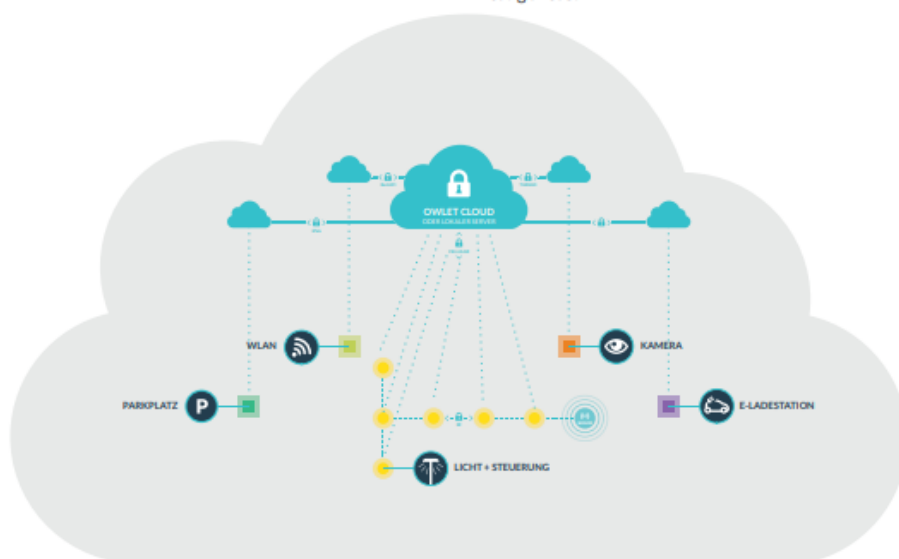
Owlet

Owlet es la gama de soluciones inteligentes de control que ofrece el Grupo Schröder. Owlet ayuda a las ciudades de todo el mundo a reducir sus facturas energéticas en hasta un 85%, a gestionar los gastos más eficientemente, a mejorar el mantenimiento y la administración de recursos, y proporciona más seguridad, con lo que aumenta el bienestar de los ciudadanos.

IoT

El Internet de las cosas (IoT, Internet of Things) es la red de objetos físicos, dispositivos, vehículos, edificios y demás elementos integrados con la electrónica, software, sensores y conectividad de red, que posibilita la obtención e intercambio de datos entre estos objetos.

La IoT permite detectar y controlar los objetos remotamente en toda la infraestructura de red, consiguiendo así un beneficio económico y mejoras en eficiencia y precisión. A través de su sistema informático integrado, cada objeto se puede identificar de forma única y puede interactuar dentro de la infraestructura de Internet existente. La IoT está directamente relacionada con aplicaciones como redes, transporte y ciudades inteligentes.

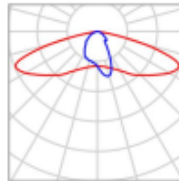


Anexo 4

Detalles de la simulación DiaLux

AV. Guillermo Sisley

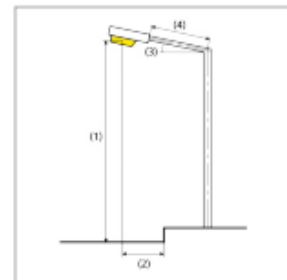
Summary (according to EN 13201:2015)



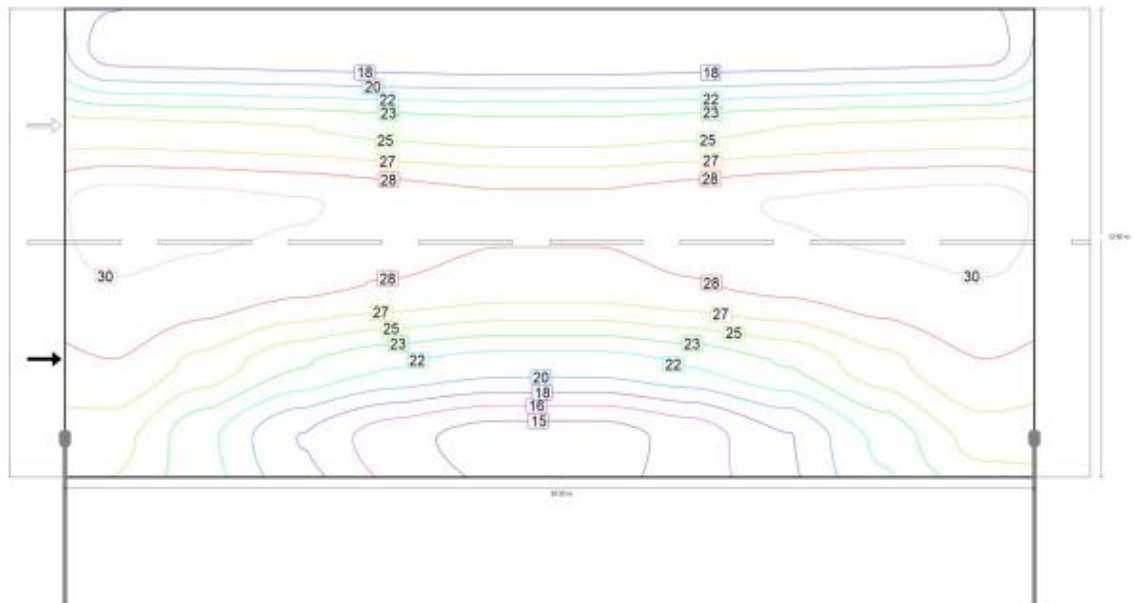
Manufacturer	Schröder	P	106.0 W
Article name	AVENTO 1 / 5256 / 144 LEDs 233mA NW 740 106W / / 430182	Φ_{Lamp}	16992 lm
		$\Phi_{\text{Luminaire}}$	14151 lm
Fitting	1x 144 LEDs 233mA NW 740	η	83.28 %

AVENTO 1 / 5256 / 144 LEDs 233mA NW 740 106W / / 430182 (single side bottom)

Pole distance	26.000 m
(1) Light spot height	11.400 m
(2) Light point overhang	1.000 m
(3) Boom inclination	20.0°
(4) Boom length	4.430 m
Annual operating hours	4000 h: 100.0 %, 106.0 W
Consumption	4028.0 W/km
ULR / ULOR	0.01 / 0.00
Max. luminous intensities	$\geq 70^\circ$: 777 cd/klm
Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.	$\geq 80^\circ$: 254 cd/klm $\geq 90^\circ$: 30.2 cd/klm
Luminous intensity class	-
The luminous intensity values in [cd/klm] for calculation of the luminous intensity class refer to the luminaire luminous flux according to EN 13201:2015.	
Glare index class	D.4



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



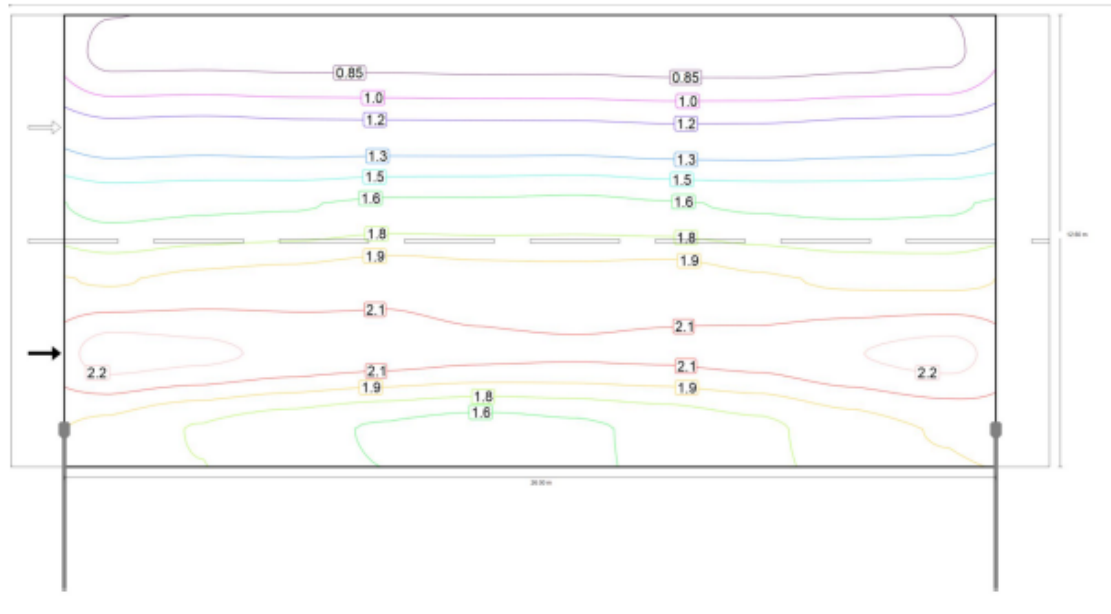
AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	17.24	17.02	16.81	16.61	16.48	16.48	16.61	16.81	17.02	17.24
9.450	25.65	25.37	24.99	24.49	24.13	24.13	24.49	24.99	25.37	25.65
7.350	30.99	30.70	30.25	29.54	28.88	28.88	29.54	30.25	30.70	30.99
5.250	30.07	29.55	28.84	28.33	27.61	27.61	28.33	28.84	29.55	30.07
3.150	28.40	26.20	23.44	21.77	20.80	20.80	21.77	23.44	26.20	28.40
1.050	25.58	21.94	18.05	15.40	13.87	13.87	15.40	18.05	21.94	25.58

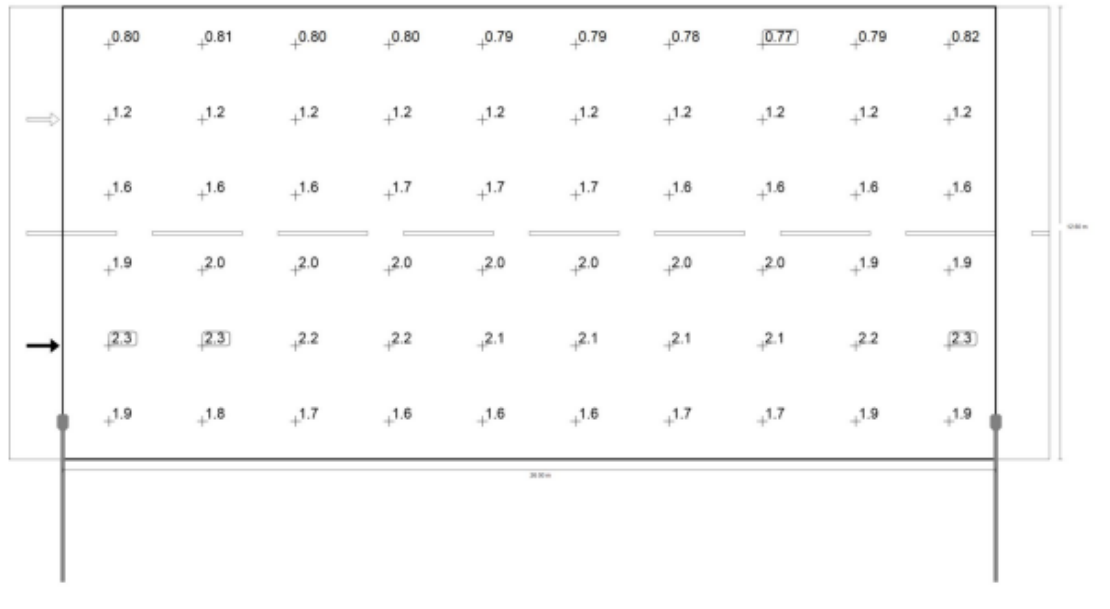
Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	24.0 lx	13.9 lx	31.0 lx	0.58	0.45



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Iso-illuminance curves)

AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



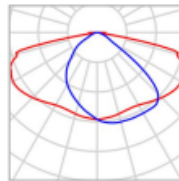
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	0.80	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.79	0.82
9.450	1.21	1.23	1.21	1.21	1.21	1.20	1.18	1.19	1.21	1.23
7.350	1.59	1.60	1.61	1.66	1.66	1.67	1.64	1.61	1.60	1.61
5.250	1.92	1.98	2.00	2.05	2.01	2.00	2.02	1.96	1.91	1.90
3.150	2.32	2.28	2.21	2.16	2.12	2.11	2.12	2.15	2.24	2.30
1.050	1.89	1.77	1.69	1.61	1.55	1.59	1.66	1.74	1.86	1.94

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Value chart)

	L_{av}	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway	1.59 cd/m^2	0.77 cd/m^2	2.32 cd/m^2	0.49	0.33

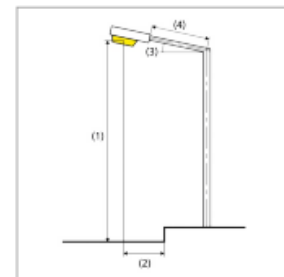
Summary (according to EN 13201:2015)



Manufacturer	Philips	P	112.0 W
Article name	BGP283 T25 1 xLED180-4S/757 DM11	Φ_{Lamp}	18000 lm
		$\Phi_{\text{Luminaire}}$	15622 lm
Fitting	1x	η	86.79 %

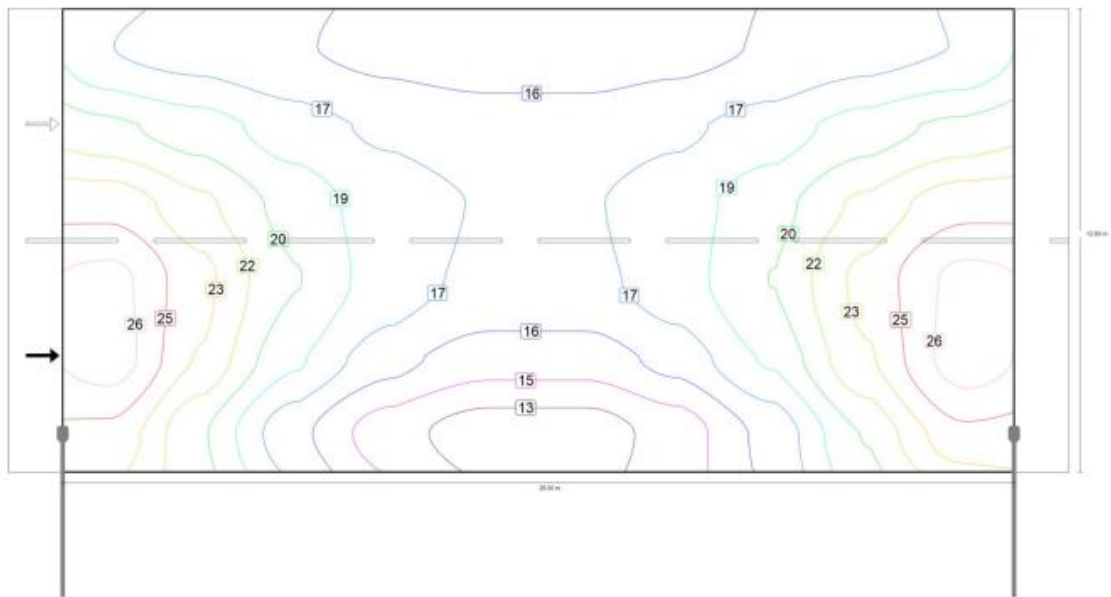
BGP283 T25 1 xLED180-4S/757 DM11 (single side bottom)

Pole distance	26.000 m
(1) Light spot height	11.400 m
(2) Light point overhang	1.000 m
(3) Boom inclination	20.0°
(4) Boom length	4.254 m
Annual operating hours	4000 h: 100.0 %, 112.0 W
Consumption	4256.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. luminous intensities	≥ 70°: 621 cd/klm
Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.	≥ 80°: 564 cd/klm ≥ 90°: 23.3 cd/klm
Luminous intensity class	-
The luminous intensity values in [cd/klm] for calculation of the luminous intensity class refer to the luminaire luminous flux according to EN 13201:2015.	
Glare index class	D.6

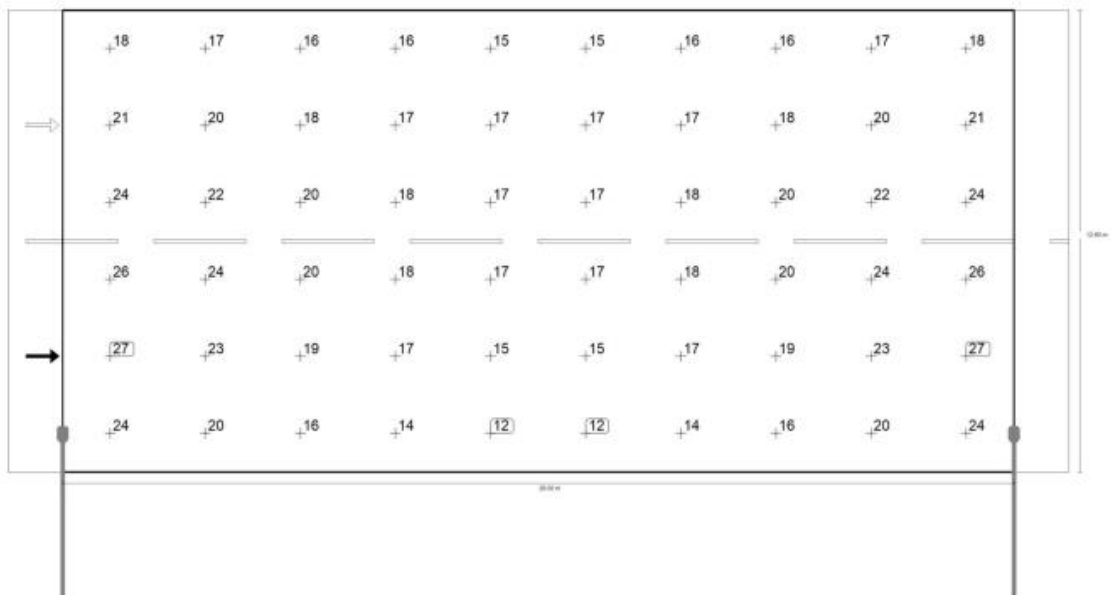


AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

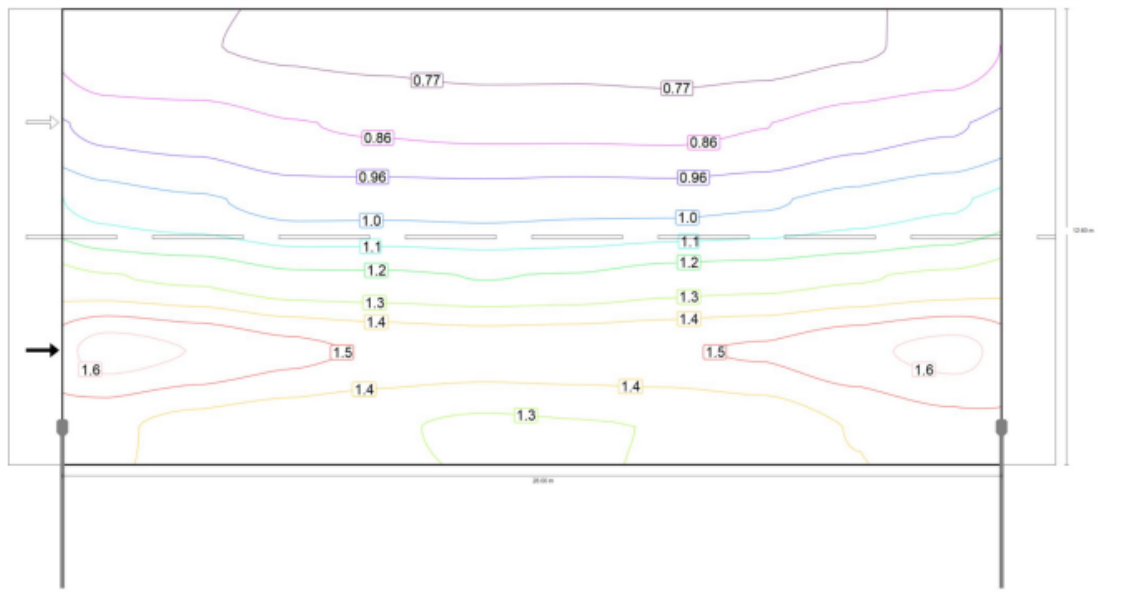
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	17.51	16.82	16.15	15.57	15.31	15.31	15.57	16.15	16.82	17.51
9.450	20.72	19.59	18.16	17.16	16.64	16.64	17.16	18.16	19.59	20.72
7.350	24.21	22.09	19.78	18.21	17.37	17.37	18.21	19.78	22.09	24.21
5.250	26.48	23.61	20.37	18.23	17.10	17.10	18.23	20.37	23.61	26.48
3.150	26.78	23.02	19.13	16.58	15.25	15.25	16.58	19.13	23.02	26.78
1.050	24.18	20.45	16.46	13.82	12.44	12.44	13.82	16.46	20.45	24.18

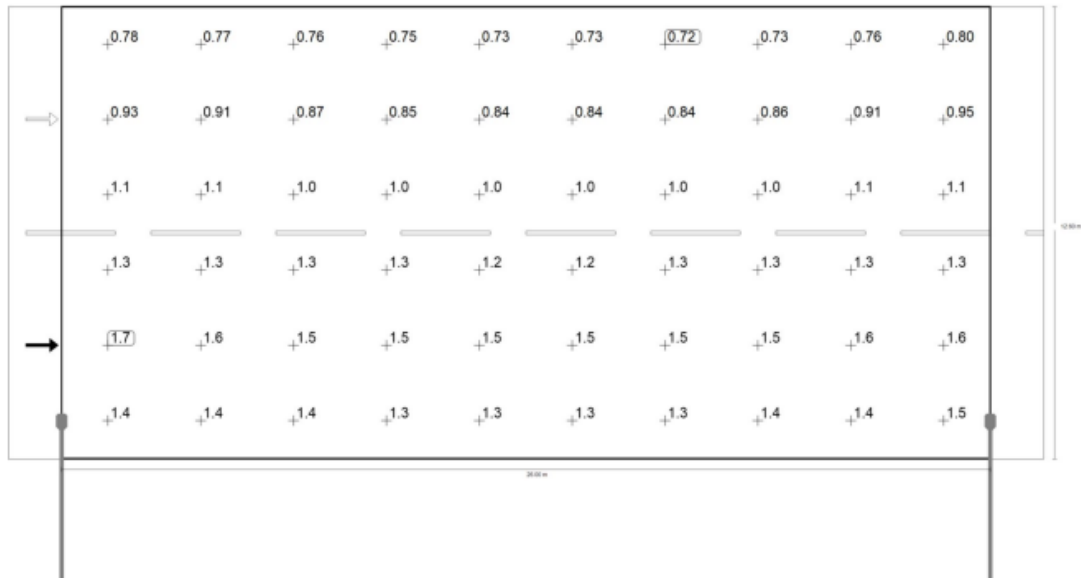
Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	19.0 lx	12.4 lx	26.8 lx	0.66	0.46



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Iso-illuminance curves)

AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Value grid)

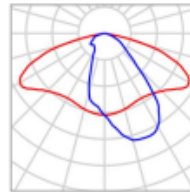
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	0.78	0.77	0.76	0.75	0.73	0.73	0.72	0.73	0.76	0.80
9.450	0.93	0.91	0.87	0.85	0.84	0.84	0.84	0.86	0.91	0.95
7.350	1.10	1.06	1.01	1.02	1.01	1.02	1.02	1.04	1.08	1.13
5.250	1.33	1.31	1.25	1.25	1.23	1.24	1.28	1.29	1.32	1.35
3.150	1.66	1.60	1.54	1.50	1.49	1.49	1.51	1.53	1.58	1.64
1.050	1.44	1.39	1.36	1.34	1.31	1.32	1.33	1.36	1.43	1.48

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Value chart)

	L_{av}	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway	1.15 cd/m^2	0.72 cd/m^2	1.66 cd/m^2	0.63	0.44

AV. Guillermo Sisley

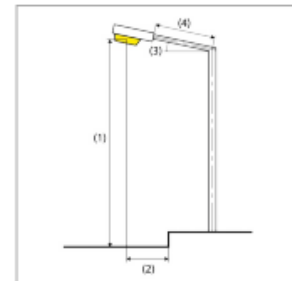
Summary (according to EN 13201:2015)



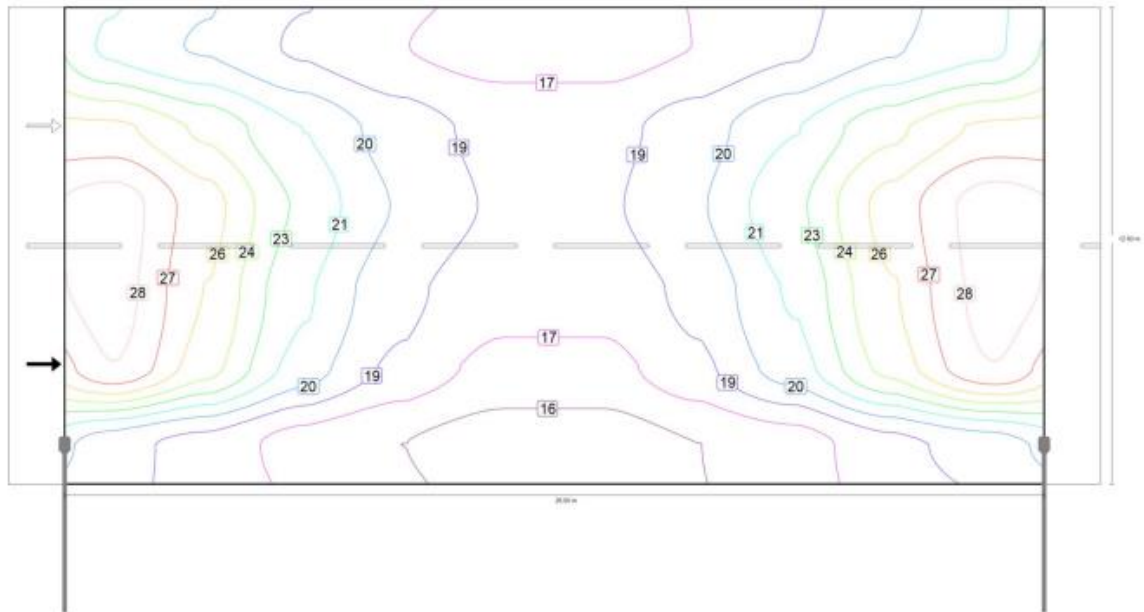
Manufacturer	LUG Light Factory	P	102.0 W
Article No.	130195.5L32.1121	$\Phi_{\text{Luminaire}}$	15300 lm
Article name	URBANO LED 102W 15300lm 4000K IP66 O52 - for town roads Regulation -15° ... 0° (O50, O51, O52, O53, O54, O55 optics) graphite I		
Fitting	1x LED ED 102W 15300lm 4000K IP66 O52 I class graphite		

URBANO LED 102W 15300lm 4000K IP66 O52 - for town roads Regulation -15° ... 0° (O50, O51, O52, O53, O54, O55 optics) graphite I (single side bottom)

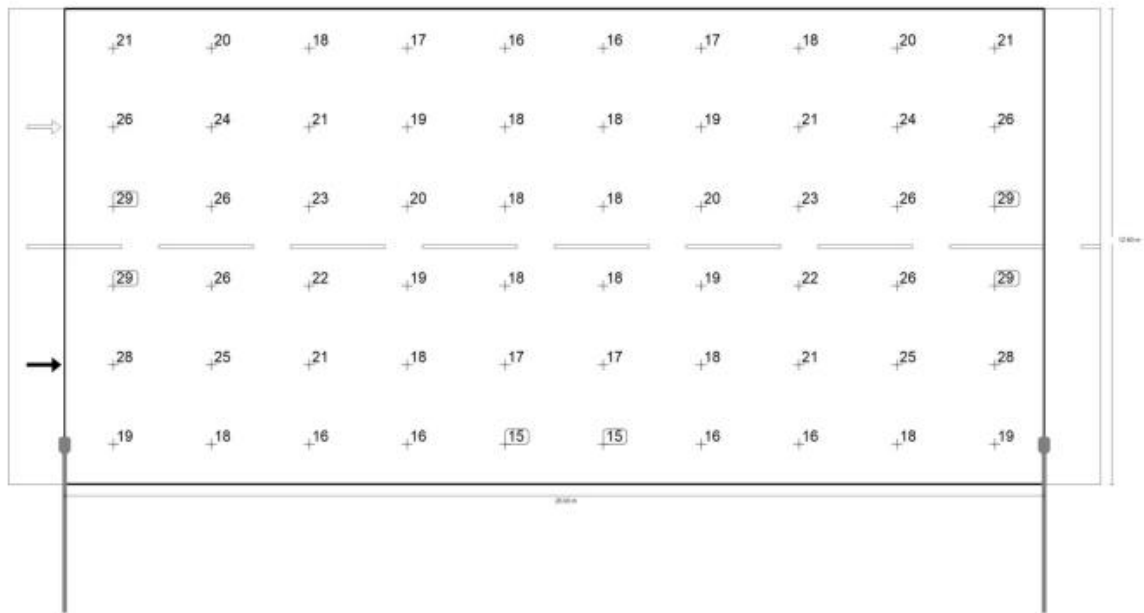
Pole distance	26.000 m
(1) Light spot height	11.400 m
(2) Light point overhang	1.000 m
(3) Boom inclination	20.0°
(4) Boom length	4.143 m
Annual operating hours	4000 h: 100.0 %, 102.0 W
Consumption	3876.0 W/km
ULR / ULOR	0.01 / 0.00
Max. luminous intensities	≥ 70°: 420 cd/klm
Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.	≥ 80°: 275 cd/klm ≥ 90°: 46.4 cd/klm
Luminous intensity class	-
The luminous intensity values in [cd/klm] for calculation of the luminous intensity class refer to the luminaire luminous flux according to EN 13201:2015.	
Glare index class	D.5



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



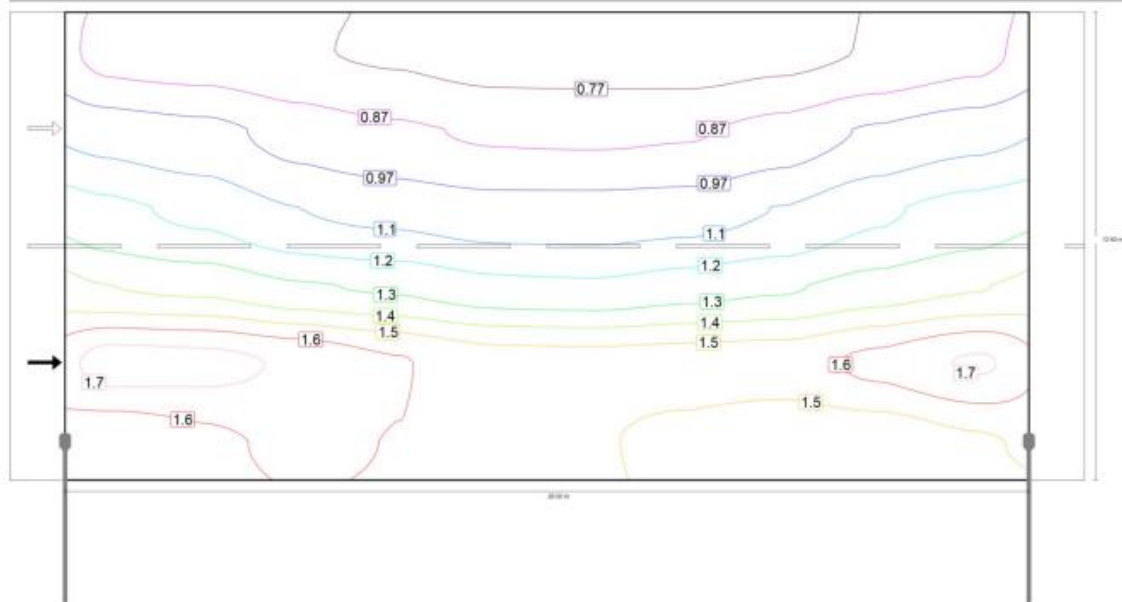
AV. Guillermo Sisley Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	21.09	19.81	18.29	17.12	16.44	16.44	17.12	18.29	19.81	21.09
9.450	25.96	23.91	21.33	19.29	18.09	18.09	19.29	21.33	23.91	25.96
7.350	29.20	26.20	22.50	19.81	18.35	18.35	19.81	22.50	26.20	29.20
5.250	29.04	25.57	21.57	18.94	17.61	17.61	18.94	21.57	25.57	29.04
3.150	28.45	24.79	20.73	18.18	16.66	16.66	18.18	20.73	24.79	28.45
1.050	19.17	18.06	16.47	15.67	14.97	14.97	15.67	16.47	18.06	19.17

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

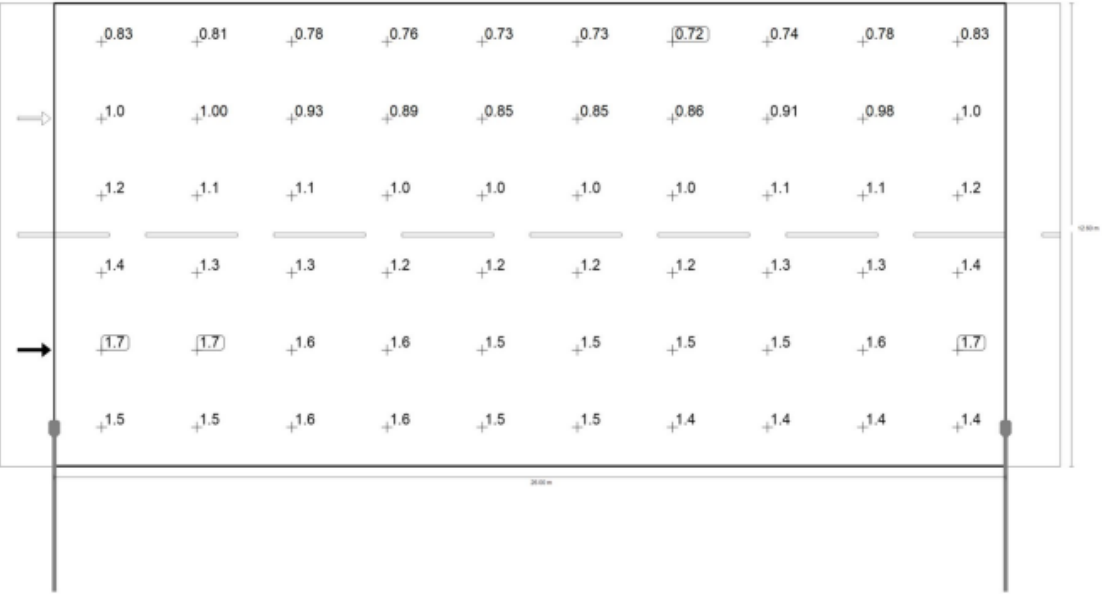
	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	20.8 lx	15.0 lx	29.2 lx	0.72	0.51



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Iso-illuminance curves)

AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value grid)

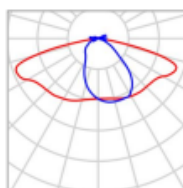
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	0.83	0.81	0.78	0.76	0.73	0.73	0.72	0.74	0.78	0.83
9.450	1.03	1.00	0.93	0.89	0.85	0.85	0.86	0.91	0.98	1.03
7.350	1.19	1.14	1.07	1.04	1.01	1.01	1.02	1.07	1.15	1.21
5.250	1.36	1.34	1.28	1.25	1.20	1.19	1.22	1.25	1.31	1.35
3.150	1.71	1.69	1.64	1.57	1.50	1.50	1.51	1.52	1.59	1.67
1.050	1.49	1.54	1.58	1.56	1.50	1.47	1.44	1.39	1.40	1.45

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value chart)

	L _{av}	L _{min}	L _{max}	g ₁	g ₂
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway	1.19 cd/m²	0.72 cd/m²	1.71 cd/m²	0.61	0.42

AV. Guillermo Sisley

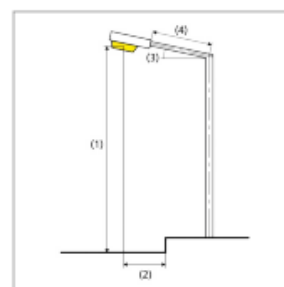
Summary (according to EN 13201:2015)



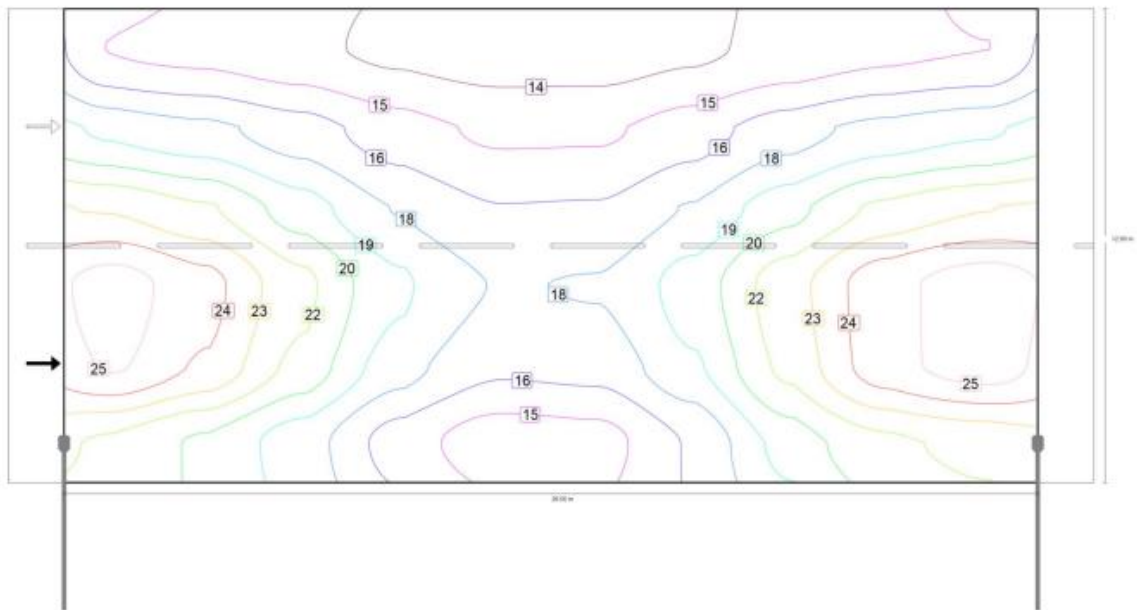
Manufacturer	NIKKON	P	102.2 W
Article No.	MURA M	Φ Luminaire	13906 lm
Article name	100W LED Street Lantern (4000K) (Type 2)		
Fitting	1x MURA M 100W LEDs (4000K)		

100W LED Street Lantern (4000K) (Type 2) (single side bottom)

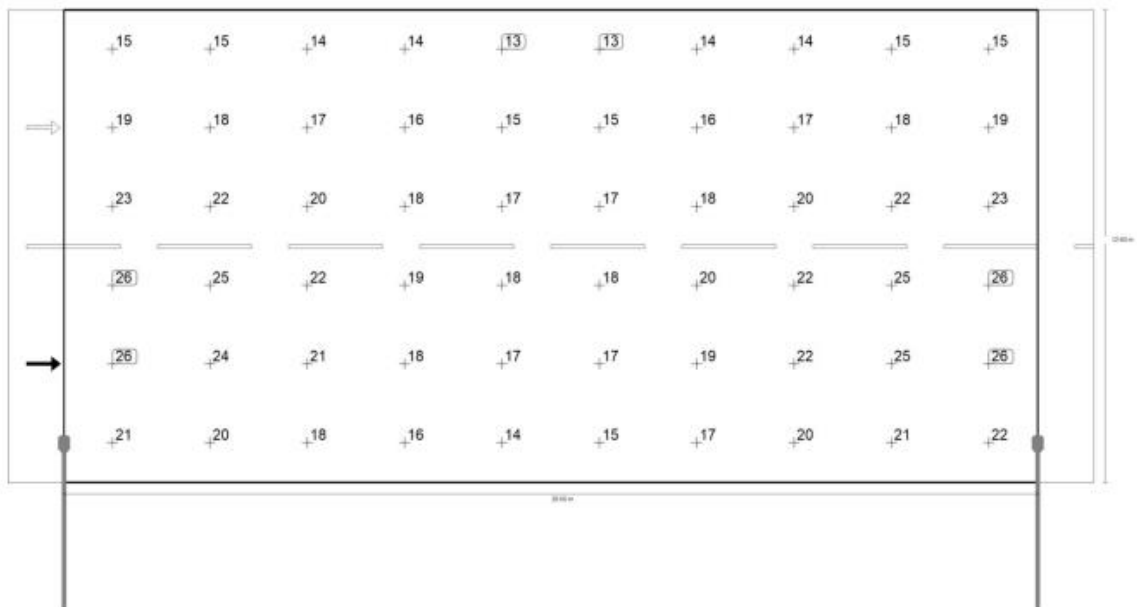
Pole distance	26.000 m
(1) Light spot height	11.400 m
(2) Light point overhang	1.000 m
(3) Boom inclination	20.0°
(4) Boom length	4.632 m
Annual operating hours	4000 h: 100.0 %, 102.2 W
Consumption	3884.4 W/km
ULR / ULOR	0.01 / 0.01
Max. luminous intensities	≥ 70°: 414 cd/klm
Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.	≥ 80°: 292 cd/klm ≥ 90°: 62.6 cd/klm
Luminous intensity class	-
The luminous intensity values in [cd/klm] for calculation of the luminous intensity class refer to the luminaire luminous flux according to EN 13201:2015.	
Glare index class	D.6



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

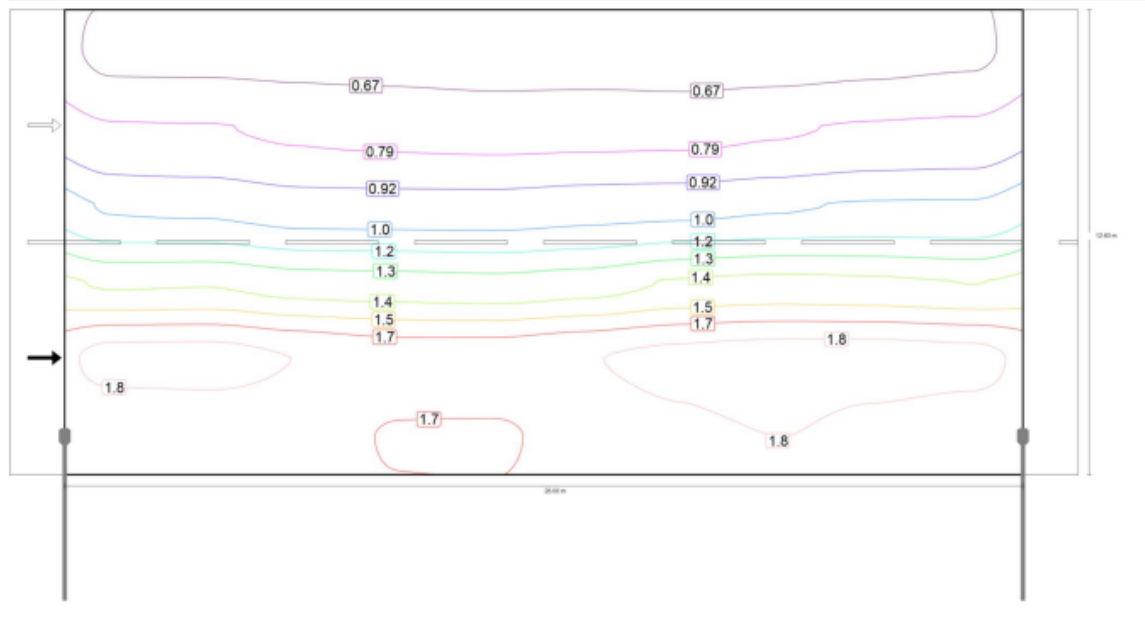
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	15.14	14.79	14.19	13.62	13.27	13.29	13.68	14.27	14.87	15.18
9.450	18.78	18.09	17.06	15.75	14.97	15.01	15.87	17.21	18.20	18.82
7.350	22.77	21.72	19.63	17.65	16.51	16.59	17.86	19.90	21.90	22.81
5.250	25.97	24.56	21.89	19.22	17.69	17.82	19.58	22.34	24.96	26.06
3.150	25.57	23.93	21.16	18.29	16.70	16.90	18.83	21.92	24.91	26.07
1.050	21.35	20.12	18.36	15.89	14.50	14.73	16.60	19.53	21.26	21.93

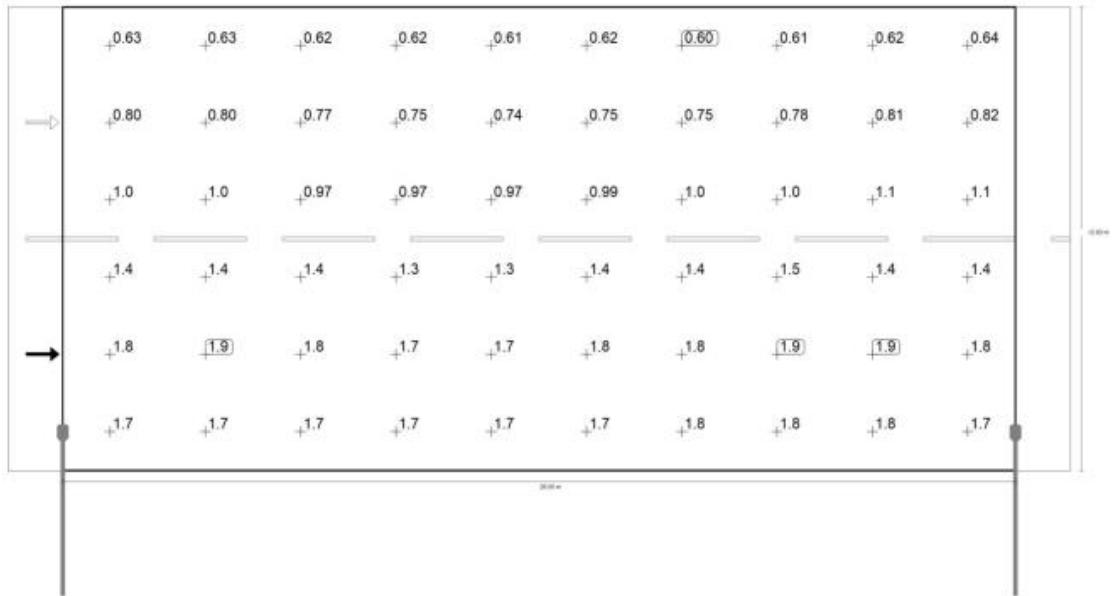
Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	18.8 lx	13.3 lx	26.1 lx	0.71	0.51



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Iso-illuminance curves)

AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value grid)

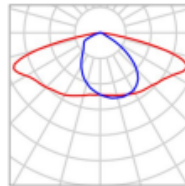
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61	0.62	0.60	0.61	0.62	0.64
9.450	0.80	0.80	0.77	0.75	0.74	0.75	0.75	0.78	0.81	0.82
7.350	1.03	1.02	0.97	0.97	0.97	0.99	1.00	1.03	1.05	1.06
5.250	1.40	1.41	1.36	1.35	1.33	1.36	1.43	1.46	1.44	1.42
3.150	1.85	1.85	1.80	1.74	1.75	1.79	1.84	1.86	1.86	1.84
1.050	1.69	1.70	1.71	1.66	1.66	1.72	1.77	1.80	1.76	1.73

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value chart)

	L _{av}	L _{min}	L _{max}	g ₁	g ₂
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway	1.22 cd/m ²	0.60 cd/m ²	1.86 cd/m ²	0.49	0.32

AV. Guillermo Sisley

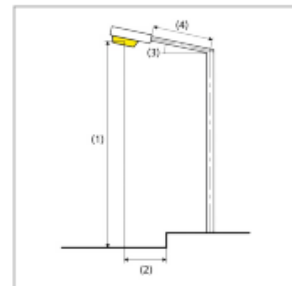
Summary (according to EN 13201:2015)



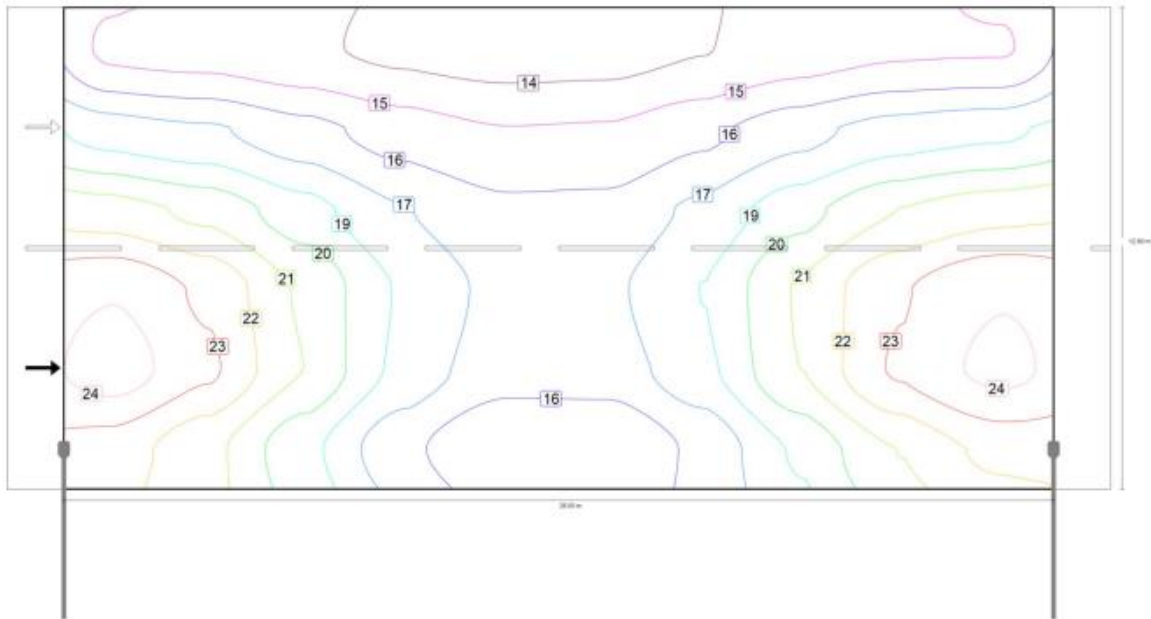
Manufacturer	NIKKON	P	100.9 W
Article No.	SIGMA-M	Φ_{Lamp}	15000 lm
Article name	100W LED Street Lantern (3000K) (Type 2)	$\Phi_{Luminaire}$	14195 lm
		η	94.64 %
Fitting	1x SIGMA M 100W LEDs (3000K)		

100W LED Street Lantern (3000K) (Type 2) (single side bottom)

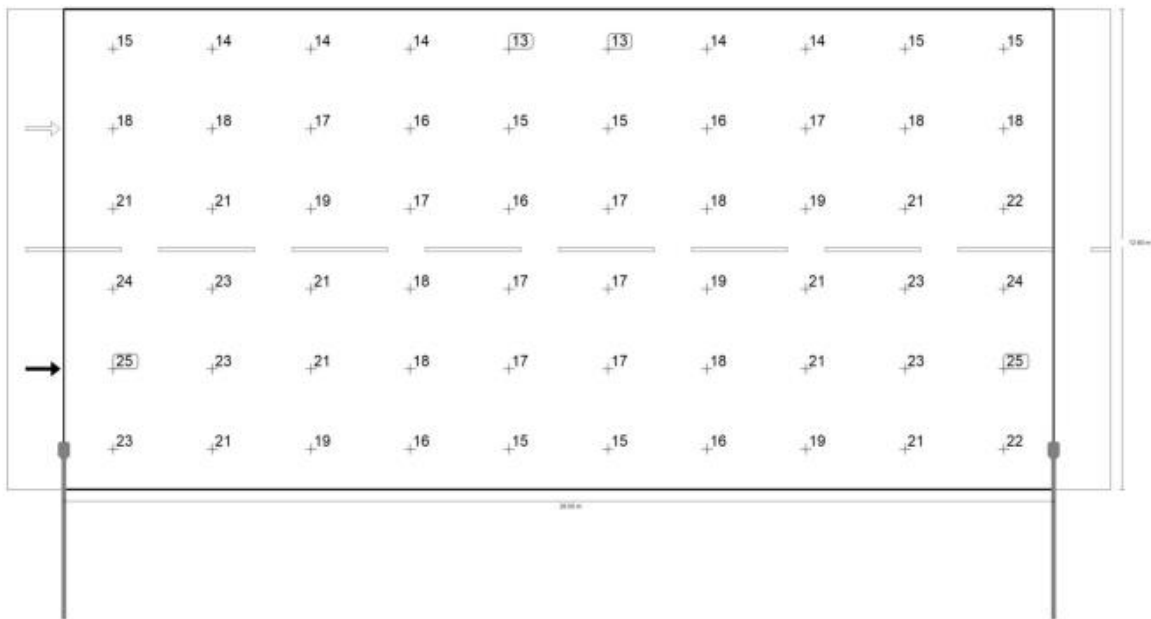
Pole distance	26.000 m
(1) Light spot height	11.400 m
(2) Light point overhang	1.000 m
(3) Boom inclination	20.0°
(4) Boom length	4.632 m
Annual operating hours	4000 h: 100.0 %, 100.9 W
Consumption	3834.2 W/km
ULR / ULOR	0.01 / 0.01
Max. luminous intensities	$\geq 70^\circ$: 428 cd/klm
Any direction forming the specified angle from the downward vertical, with the luminaire installed for use.	$\geq 80^\circ$: 340 cd/klm $\geq 90^\circ$: 14.9 cd/klm
Luminous intensity class	-
The luminous intensity values in [cd/klm] for calculation of the luminous intensity class refer to the luminaire luminous flux according to EN 13201:2015.	
Glare index class	D.4



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

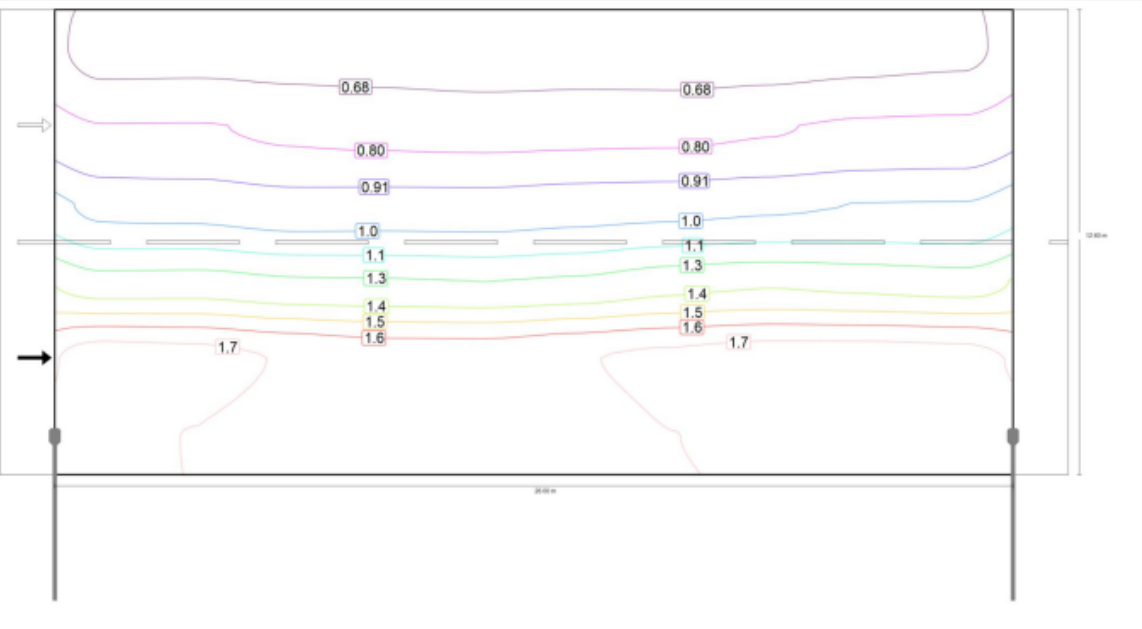
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	14.72	14.48	14.02	13.55	13.24	13.32	13.79	14.39	14.84	14.91
9.450	18.03	17.53	16.59	15.61	15.04	15.13	15.90	16.98	17.91	18.30
7.350	21.48	20.58	19.00	17.41	16.43	16.51	17.64	19.33	20.91	21.70
5.250	24.36	23.02	20.71	18.40	17.06	17.18	18.57	21.03	23.15	24.34
3.150	25.03	23.46	20.87	18.21	16.68	16.75	18.26	20.92	23.43	24.74
1.050	22.71	21.25	18.87	16.49	15.09	15.08	16.47	18.74	20.94	22.40

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

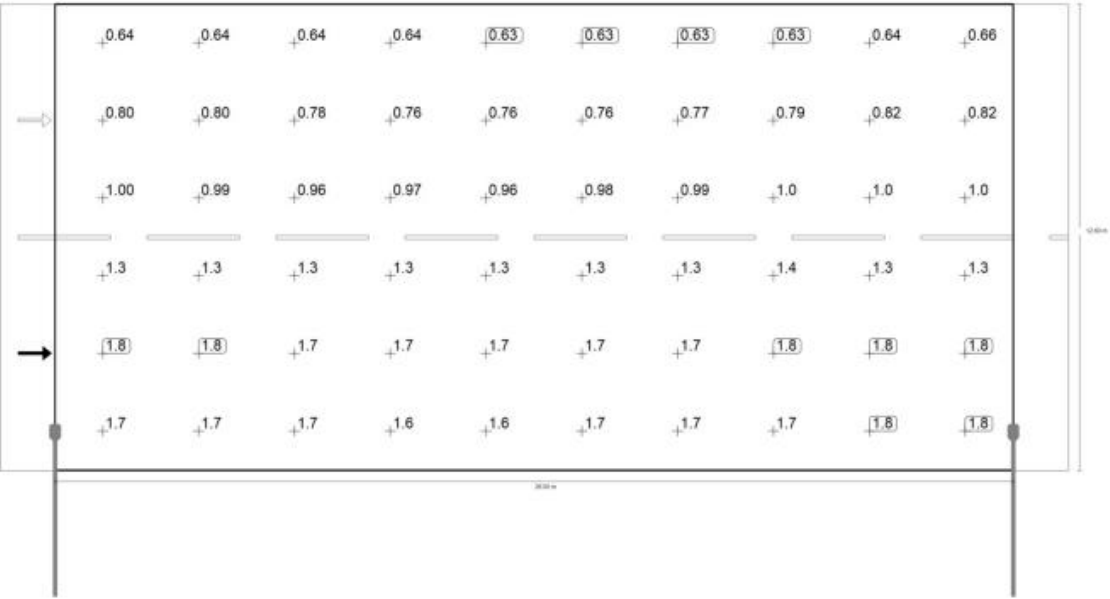
	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	18.4 lx	13.2 lx	25.0 lx	0.72	0.53



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m^2] (Iso-illuminance curves)

AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.66
9.450	0.80	0.80	0.78	0.76	0.76	0.76	0.77	0.79	0.82	0.82
7.350	1.00	0.99	0.96	0.97	0.96	0.98	0.99	1.01	1.03	1.03
5.250	1.31	1.31	1.27	1.27	1.26	1.28	1.33	1.36	1.34	1.32
3.150	1.77	1.76	1.71	1.67	1.67	1.71	1.74	1.77	1.77	1.76
1.050	1.74	1.71	1.68	1.64	1.63	1.67	1.72	1.74	1.76	1.77

Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway [cd/m²] (Value chart)

	L _{av}	L _{min}	L _{max}	g ₁	g ₂
Observer 1: Maintenance value, luminance with dry roadway	1.19 cd/m²	0.63 cd/m²	1.77 cd/m²	0.52	0.35

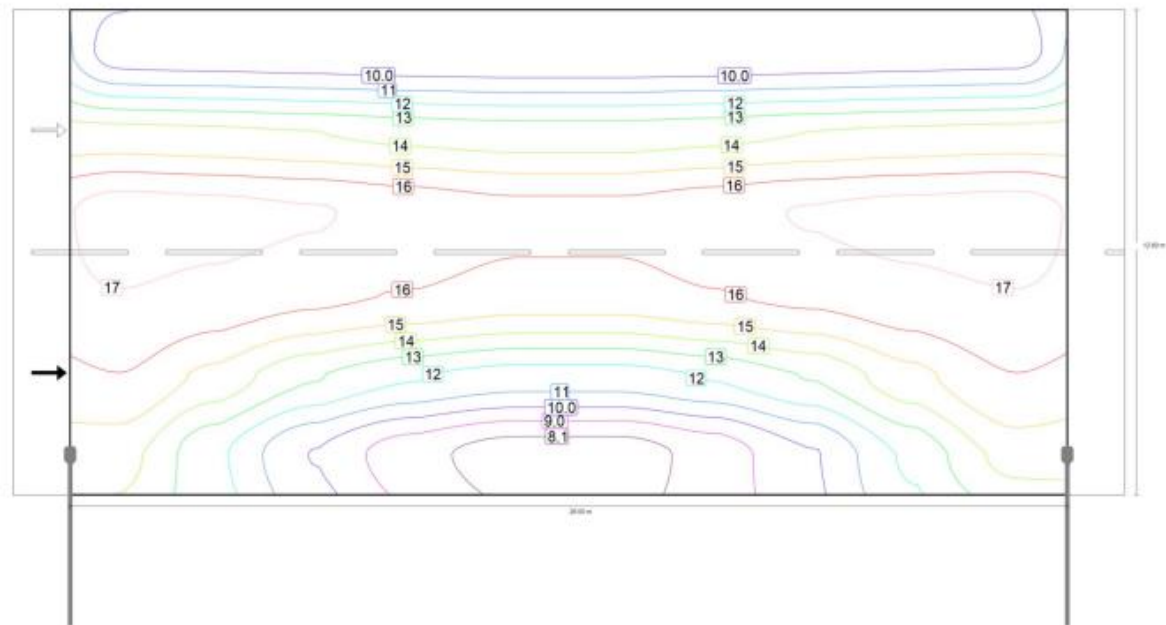
Anexo 5

Detalles de la simulación DiaLux con perfil de control

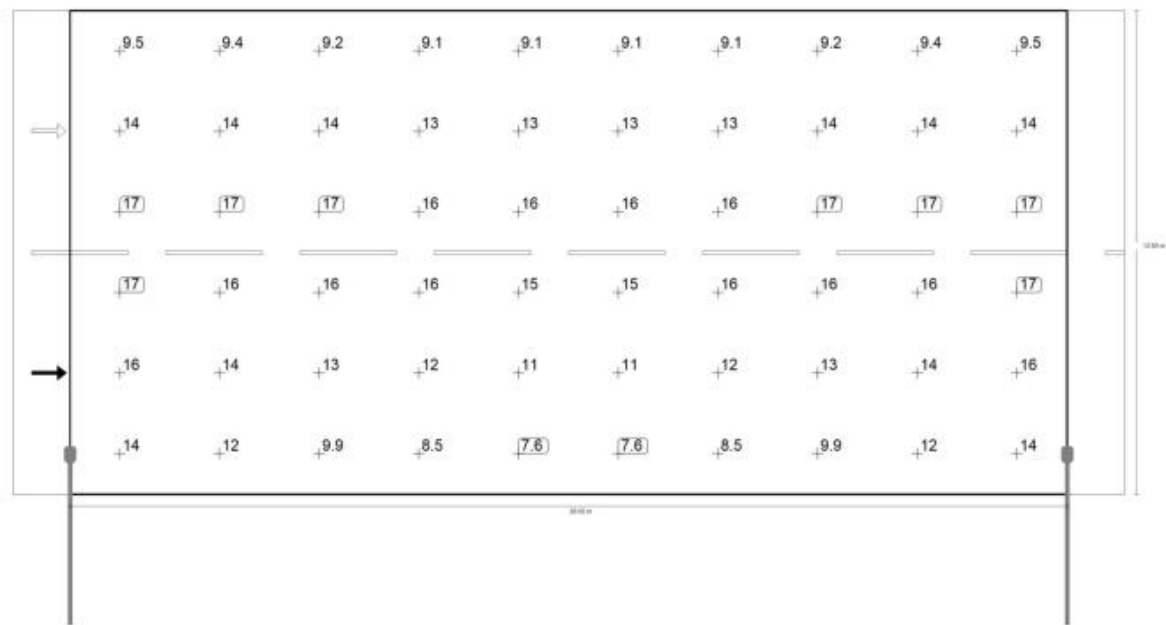
Schröder AVENTO 1

AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	9.48	9.36	9.24	9.14	9.06	9.06	9.14	9.24	9.36	9.48
9.450	14.11	13.96	13.75	13.47	13.27	13.27	13.47	13.75	13.96	14.11
7.350	17.04	16.88	16.64	16.25	15.89	15.89	16.25	16.64	16.88	17.04
5.250	16.54	16.25	15.86	15.58	15.19	15.19	15.58	15.86	16.25	16.54
3.150	15.62	14.41	12.89	11.97	11.44	11.44	11.97	12.89	14.41	15.62
1.050	14.07	12.07	9.93	8.47	7.63	7.63	8.47	9.93	12.07	14.07

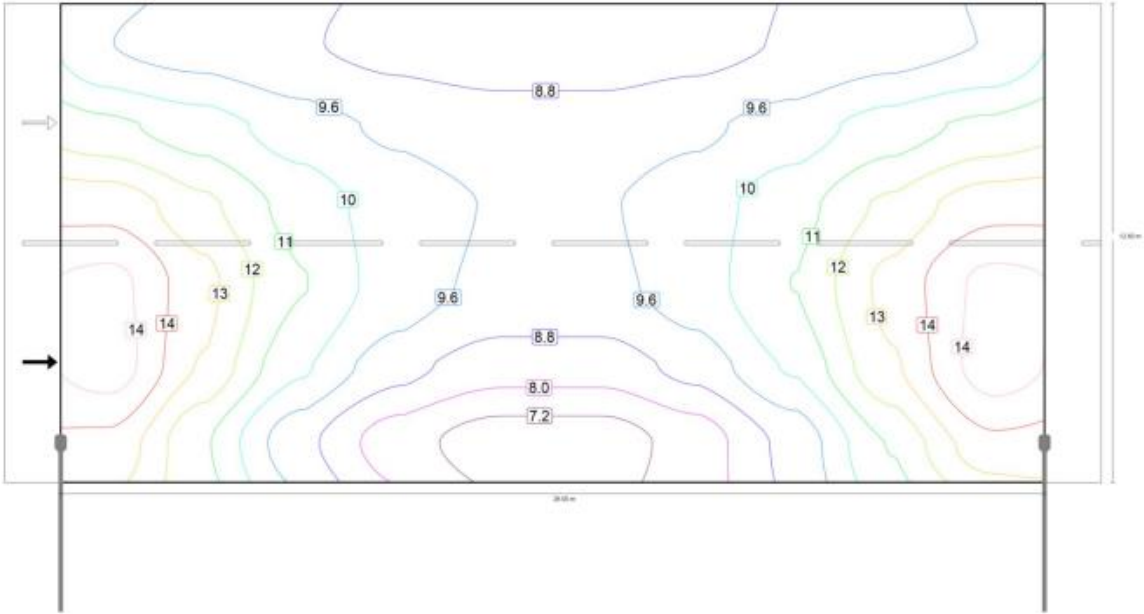
Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	13.2 lx	7.63 lx	17.0 lx	0.58	0.45

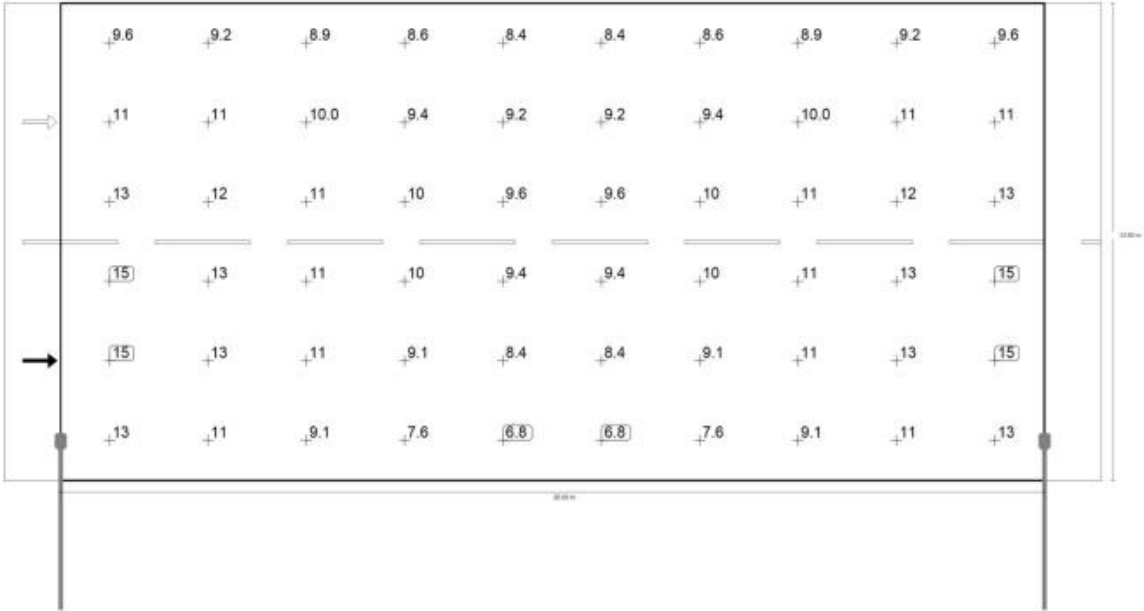
Philips-BGP283

AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	9.63	9.25	8.88	8.57	8.42	8.42	8.57	8.88	9.25	9.63
9.450	11.40	10.78	9.99	9.44	9.15	9.15	9.44	9.99	10.78	11.40
7.350	13.31	12.15	10.88	10.01	9.55	9.55	10.01	10.88	12.15	13.31
5.250	14.56	12.98	11.20	10.03	9.40	9.40	10.03	11.20	12.98	14.56
3.150	14.73	12.66	10.52	9.12	8.39	8.39	9.12	10.52	12.66	14.73
1.050	13.30	11.25	9.05	7.60	6.84	6.84	7.60	9.05	11.25	13.30

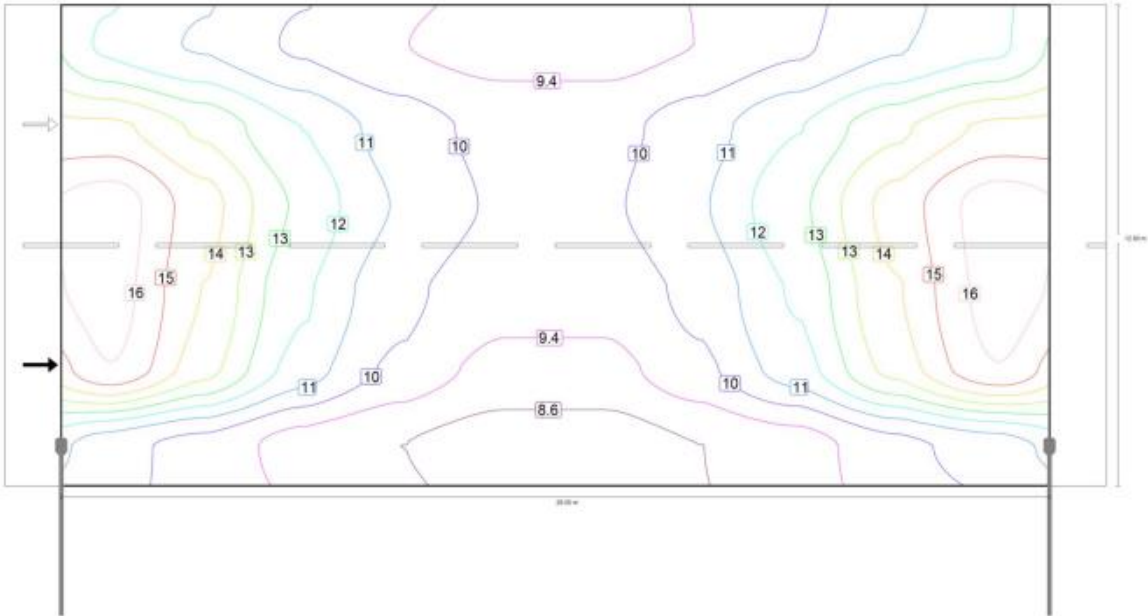
Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	10.4 lx	6.84 lx	14.7 lx	0.66	0.46

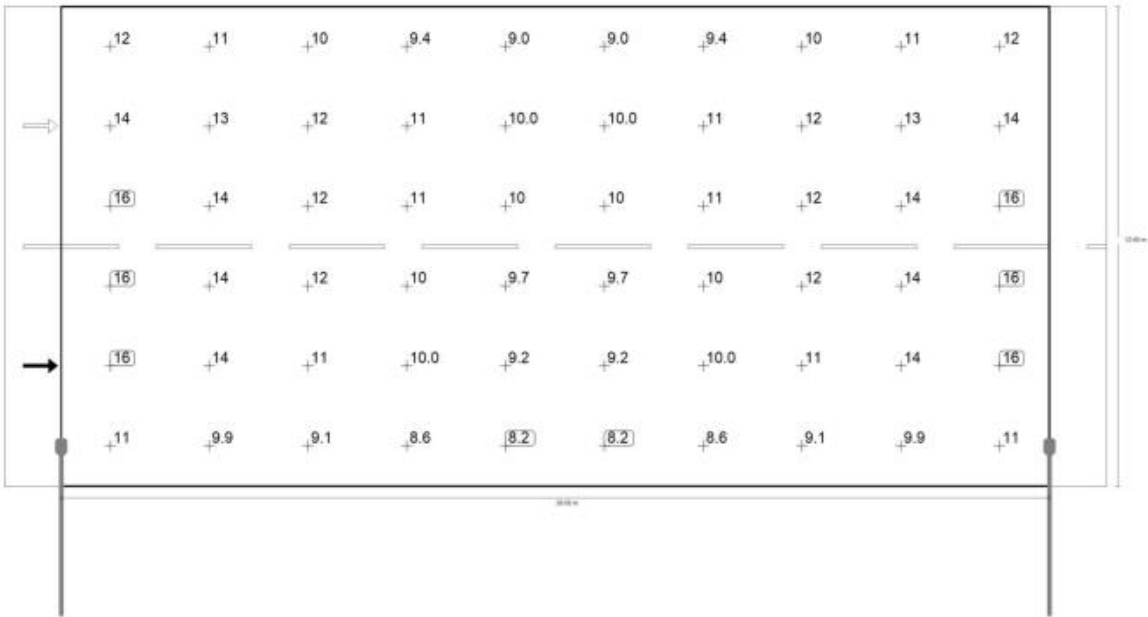
LUG Light Factory-URBANO LED

AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley

Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

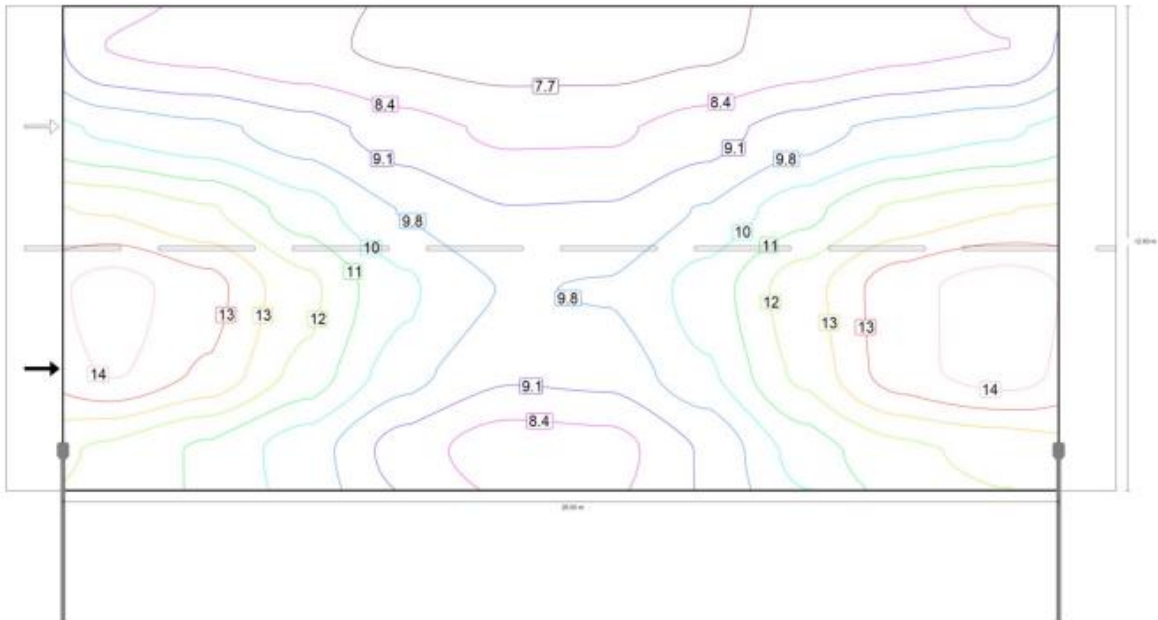
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	11.60	10.89	10.06	9.42	9.04	9.04	9.42	10.06	10.89	11.60
9.450	14.28	13.15	11.73	10.61	9.95	9.95	10.61	11.73	13.15	14.28
7.350	16.06	14.41	12.38	10.89	10.09	10.09	10.89	12.38	14.41	16.06
5.250	15.97	14.07	11.86	10.41	9.69	9.69	10.41	11.86	14.07	15.97
3.150	15.65	13.63	11.40	10.00	9.17	9.17	10.00	11.40	13.63	15.65
1.050	10.54	9.93	9.06	8.62	8.23	8.23	8.62	9.06	9.93	10.54

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

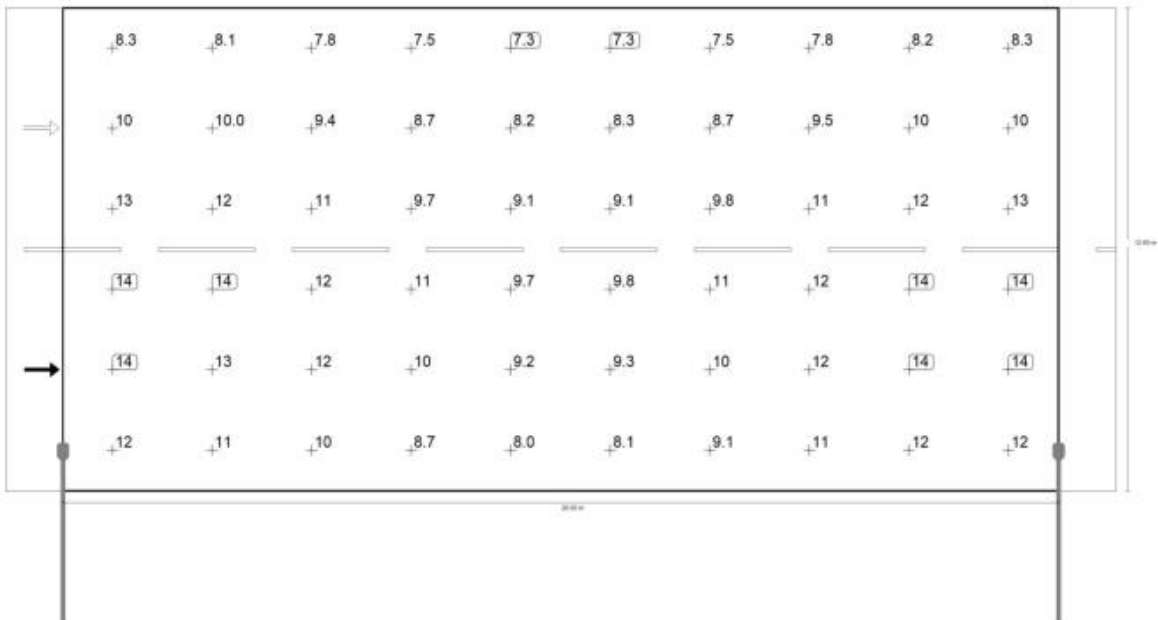
	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	11.4 lx	8.23 lx	16.1 lx	0.72	0.51

NIKKON-MURA M

AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

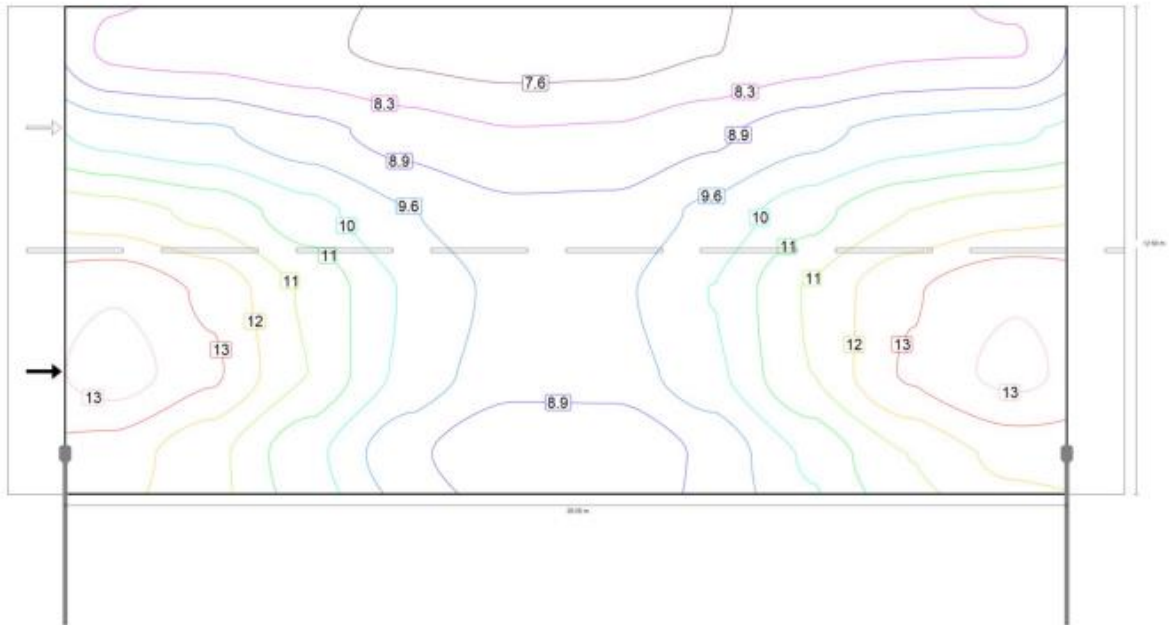
m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	8.33	8.14	7.81	7.49	7.30	7.31	7.53	7.85	8.18	8.35
9.450	10.33	9.95	9.38	8.66	8.23	8.25	8.73	9.46	10.01	10.35
7.350	12.52	11.95	10.80	9.71	9.08	9.12	9.82	10.94	12.05	12.55
5.250	14.28	13.51	12.04	10.57	9.73	9.80	10.77	12.29	13.73	14.33
3.150	14.06	13.16	11.64	10.06	9.18	9.29	10.36	12.06	13.70	14.34
1.050	11.74	11.07	10.10	8.74	7.97	8.10	9.13	10.74	11.69	12.06

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

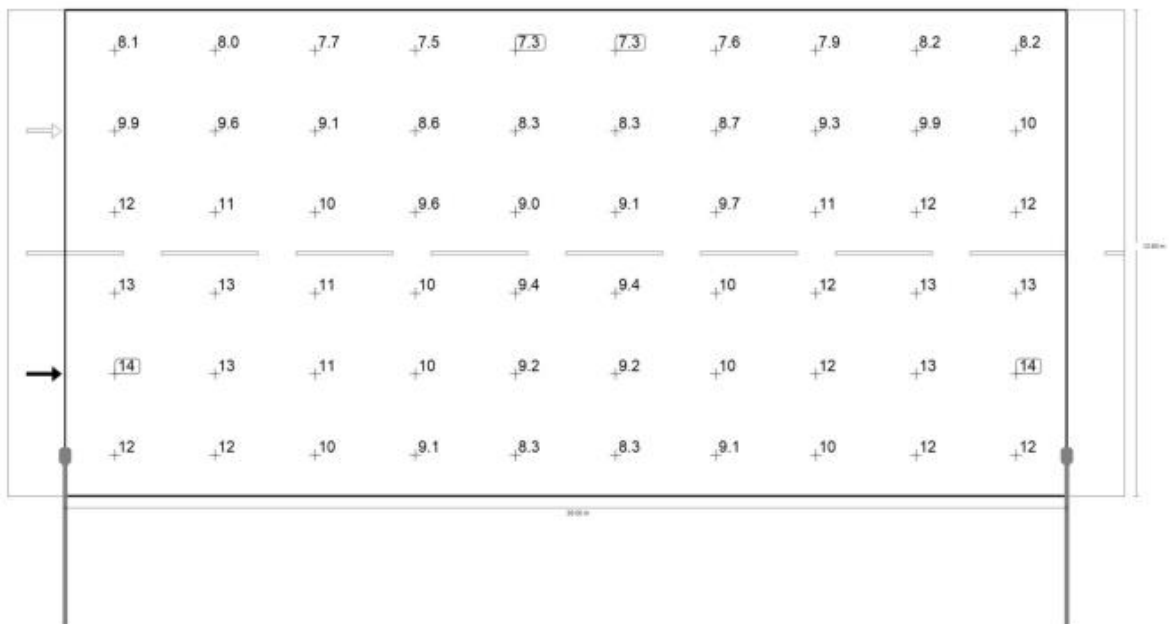
	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	10.3 lx	7.30 lx	14.3 lx	0.71	0.51

NIKKON-SIGMA M

AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)



Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Iso-illuminance curves)



AV. Guillermo Sisley
Roadway 1 (M4)

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value grid)

m	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700
11.550	8.10	7.96	7.71	7.45	7.28	7.33	7.58	7.91	8.16	8.20
9.450	9.91	9.64	9.13	8.59	8.27	8.32	8.74	9.34	9.85	10.06
7.350	11.82	11.32	10.45	9.57	9.04	9.08	9.70	10.63	11.50	11.94
5.250	13.40	12.66	11.39	10.12	9.38	9.45	10.22	11.57	12.73	13.38
3.150	13.77	12.90	11.48	10.02	9.17	9.21	10.04	11.51	12.89	13.61
1.050	12.49	11.69	10.38	9.07	8.30	8.29	9.06	10.30	11.52	12.32

Maintenance value, horizontal illuminance [lx] (Value chart)

	E_{av}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Maintenance value, horizontal illuminance	10.1 lx	7.28 lx	13.8 lx	0.72	0.53