

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Estudio técnico del alumbrado exterior del Parque Samanes

INGE-2828

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Eléctrico

Presentado por:

Anthony Deivis Beltrán Ramírez

Kelvin Miguel Burgos Mora

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico especialmente a mis padres y hermanos, pilares fundamentales en mi vida que con su esfuerzo, amor y sacrificio me han enseñado a nunca rendirme y siempre ser perseverante frente a cualquier adversidad también me lo dedico a mí mismo por no abandonar mis sueños recordando siempre que este es solo un peldaño más en el camino hacia la vida profesional que anhelo.

Anthony Deivis Beltran Ramirez

El presente proyecto dedico a mis padres, Nelly Mora y Miguel Burgos, compañeros de batalla en esta travesía. Este triunfo no es solo mío, es el fruto de un sacrificio conjunto, de noches compartidas en silencio, de esfuerzo inquebrantable y fe inagotable. Cada paso dado fue forjado con sudor, cada obstáculo vencido llevó su fuerza en mi espalda, cada victoria alcanzada fue también suya. Este proyecto se alza como un estandarte: la prueba de que unidos, ningún sacrificio es en vano, y que juntos, las victorias se conquistan y se hacen eternas.

Kelvin Miguel Burgos Mora

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por darme la salud, la sabiduría y la constancia necesarias para culminar este proyecto, también a nuestro tutor el PhD. Xavier Zambrano, quien con su guía y conocimiento nos ha ayudado a llevar a cabo el presente proyecto de titulación así también el agradecimiento a nuestros familiares, quienes con su ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y amor incondicional me han brindado la posibilidad de estar cumpliendo este objetivo importante Extiendo mi gratitud a mis compañeros de carrera, por su apoyo, colaboración y amistad durante este proceso, que hicieron del camino académico una experiencia enriquecedora y de constante aprendizaje.

Declaración expresa

Yo/Nosotros KELVIN MIGUEL BURGOS MORA Y ANTHONY DEIVIS BELTRAN RAMIREZ acordamos reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso. En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, _MAYO_____del 2025.

Kelvin Miguel Burgos Mora

Anthony Deivis Beltrán Ramírez

Evaluadores

Mgtr. Patricia Isabel Pasmay

Profesor de Materia integradora

PhD. Xavier Zambrano Aragundy

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto aborda la necesidad de modernizar el sistema de alumbrado exterior del Parque Samanes, espacio urbano de gran importancia para la ciudad de Guayaquil, cuyo estado operativo presenta deficiencias significativas debido a que cerca del 40% de sus luminarias se encuentran fuera de servicio. El objetivo principal consiste en rediseñar el sistema de iluminación para restablecer el 100% de la operatividad de las luminarias, mediante la incorporación de tecnología LED de alta eficiencia y un esquema de telegestión que garantice el control y monitoreo del sistema en tiempo real. La propuesta se justifica en la necesidad de mejorar la seguridad ciudadana, optimizar el uso de la infraestructura existente y asegurar el cumplimiento de normativas internacionales de iluminación.

Para el desarrollo del estudio se efectuó un levantamiento de campo nocturno, registrando el estado de las luminarias en planos digitales mediante AutoCAD, complementado con mediciones de altura de postes con instrumentos digitales. Posteriormente, se realizaron simulaciones en el software Dialux Evo utilizando archivos fotométricos IES y aplicando los parámetros establecidos en las normas IEC 12464-2 y UNE 12193:2020.

Los resultados mostraron que el sistema actual no cumple con los valores mínimos de iluminancia y uniformidad requeridos, confirmando la necesidad de una intervención integral. El diseño propuesto asegura cobertura total, mejor distribución de la luz y mayor confiabilidad operativa a través del monitoreo y control inteligente del alumbrado.

Palabras clave: Alumbrado público, Telegestión, Eficiencia energética, Dialux Evo, Normativa.

Abstract

This project addresses the need to modernize the outdoor lighting system of Parque Samanes, an urban space of great importance for the city of Guayaquil, whose operational state shows significant deficiencies since nearly 40% of its luminaires are out of service. The main objective is to redesign the lighting system to restore 100% operability, through the incorporation of high-efficiency LED technology and a telemanagement scheme that ensures real-time monitoring and control. The proposal is justified by the need to improve public safety, optimize the use of existing infrastructure, and guarantee compliance with international lighting standards.

For the development of the study, a nighttime field survey was carried out, recording the operational status of the luminaires in digital plans using AutoCAD, complemented with pole height measurements using digital instruments. Subsequently, simulations were performed in Dialux Evo software, incorporating IES photometric files and applying the parameters established in IEC 12464-2 and UNE 12193:2020 standards.

The results showed that the current system does not meet the minimum required values of illuminance and uniformity, confirming the need for an integral intervention. The proposed design ensures full coverage, better light distribution, and greater operational reliability through intelligent monitoring and control of the lighting system.

Keywords: Public lighting, Telemanagement, Energy efficiency, Dialux Evo, Standards.

Índice General

Resumen.....	VI
Abstract	VII
Índice General	VIII
Abreviaturas	X
Simbología.....	XI
Índice de tablas.....	XII
Índice de figuras	XII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Justificación del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Marco teórico	6
1.5.1 Alumbrado público en el contexto urbano.....	6
1.5.2 Alumbrado exterior	6
1.5.3 Aplicaciones de la iluminación exterior	7
1.5.4 Tipos de luminarias	8
1.5.5 Parámetros fotométricos	8
1.5.6 Telegestión en alumbrado público	10
Capítulo 2.....	14
2. Metodología	15
2.1 Enfoque metodológico	15
2.2 Estrategia metodológica	16
2.3 Fases metodológicas	17
2.3.1 Levantamiento de campo e inventario.....	17
2.3.2 Análisis normativo	18
2.3.3 Simulación y modelado computacional	20
2.3.4 Diseño propuesto del sistema de alumbrado	22
2.3.5 Análisis técnico–económico	23
2.4 Herramientas y recursos utilizados	26
2.5 Criterios de validación	27
Capítulo 3.....	30

3. Análisis y resultados	31
3.1 Inspección y diagnóstico del estado actual	31
3.2 Propuesta de diseño lumínico	33
3.3 Cálculos consumo energético	36
3.4 Ahorro	39
3.5 Análisis económico	41
Capítulo 4.....	43
4. Conclusiones y recomendaciones	44
4.1 Conclusiones	44
4.2 Recomendaciones	45
Referencias	46
Apéndices	49
Apéndice A inventarió detallado de luminarias	49
Apéndice B. Cálculos energéticos completos.....	51
Apéndice C. Costos desglosados.....	55
Apéndice D. Resultados de simulaciones en Dialux Evo	56

Abreviaturas

CAD	Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computadora, utilizado en AutoCAD)
CMS	Central Management System (Sistema Central de Gestión para telegestión)
E _{min}	Iluminancia mínima
E _m	Iluminancia media
IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
IES	Illuminating Engineering Society (Formato fotométrico estandarizado de luminarias)
kWh	Kilovatio-hora (unidad de consumo energético)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
Lx	Lux (unidad de iluminancia)
RTE	Reglamento Técnico Ecuatoriano
U ₀	Índice de uniformidad (E _{min} /E _m)
UNE	Norma Española (Normas técnicas españolas aplicables a iluminación)
W	Watt o vatio (unidad de potencia)

Simbología

d (m)	Distancia o separación entre luminarias (metros).
E (lx)	Iluminancia puntual en una superficie, medida en lux.
E_m (lx)	Iluminancia media sobre la superficie de cálculo.
E_{min} (lx)	Iluminancia mínima registrada en la superficie de cálculo.
E_{max} (lx)	Iluminancia máxima registrada en la superficie de cálculo.
P (W)	Potencia eléctrica de la luminaria, medida en vatios.
U_0	Uniformidad general de la iluminación (relación E_{min}/E_m).
U_g	Uniformidad global de la iluminación (relación E_{min}/E_{max}).
η (%)	Eficiencia de la luminaria, expresada como porcentaje.
Φ (lm)	Flujo luminoso emitido por una luminaria, en lúmenes.

Índice de tablas

Tabla 2.1. Tabla de luxes promedio con uniformidad de acuerdo a las normativas.	19
Tabla 3.2. Resultados de la simulación en Dialux de las distintas zonas del Parque Samanes.....	33
Tabla 3.3. Consumo energético en kWh/día.	36
Tabla 3.4. Ahorro económico comparativo entre cuatro escenarios distintos.	39
Tabla 3.5. Listado de luminarias operativas y no operativas por cuadrante.	49
Tabla 3.6. Porcentaje de funcionamiento y no funcionamiento de las luminarias por potencia.	50
Tabla 3.7. Consumo que presenta en la actualidad Parque Samanes.	51
Tabla 3.8. Consumo referente al 100% operativo del Parque Samanes.....	52
Tabla 3.9. Consumo de energía del escenario 1 de la telegestión.....	52
Tabla 3.10. Consumo de energía del escenario 2 de la telegestión.	53
Tabla 3.11. Consumo de energía del escenario 3 de la telegestión.	53
Tabla 3.12. Costos por unidad y total de las luminarias a instalar con su respectiva potencia.	55
Tabla 3.13. Precios por unidad y total de la implementación de la telegestión.	55
Tabla 3.14. Precio detallado de tanto costo operativo, mano de obra e inclusión del sistema de telegestión.	55
Tabla 3.15. Tiempos de telegestión vs sin telegestión.	56

Índice de figuras

Figura 1.1. Referencia de diferente tipo de uso de iluminación.	8
Figura 1.2. Diagrama esquemático del sistema de Telegestión.....	13
Figura 2.3.Enfoque metodológico del estudio de iluminación.....	15
Figura 2.4. División en cuadrantes del parque.	20
Figura 3.5. Porcentaje de luminarias que funcionan y no funcionan.	31
Figura 3.6. Grafica de barras comparativa acerca de los casos analizados.	36
Figura 3.7. Grafica de ahorra mensual de los casos de telegestión analizados.	39
Figura 3.8. Costos de los elementos operativos, mano de obra y telegestión en el Parque Samanes. .	41
Figura 3.9. Porcentajes de incidencia de cada uno de los elementos del proyecto de iluminación en el Parque Samanes.	41
Figura 3.10. Planimetría AutoCAD del Parque Samanes.....	56
Figura 3.11.Peatonal principal área # 1.....	57
Figura 3.12. Luminaria Ledvance de 90 W.	57
Figura 3.13. Luminaria Sylvania 60 W.	58
Figura 3.14. Peatonal transversal área # 1.	58
Figura 3.15. Luminaria Ledvance de 30 W.	59
Ilustración 3.16. Cancha futbol amateur área # 1.....	59
Figura 3.17. Reflector Ledvance de 400 W.	60
Figura 3.18. Reflector Ledvance de 300 W.	60
Figura 3.19. Cancha de Vóley amateur área # 1.....	61
Figura 3.20. Reflector Ledvance de 125 W.	61
Figura 3.21. Cancha de básquet área # 1.	62
Figura 3.22. Luminaria Ledvance de 300 W.....	62

Figura 3.23. Cancha tenis área # 1.	63
Figura 3.24. Luminaria Ledvance de 300 W.....	63
Figura 3.25. Cancha handball área # 1.....	64
Figura 3.26. Luminaria Ledvance de 200 W.....	64
Figura 3.27. Cancha de futbol recreacional área # 1.	65
Figura 3.28. Reflector Ledvance de 50 W.	65
Figura 3.29. Parqueo área # 3.	66
Figura 3.30. Luminaria Ledvance 90 W.....	66
Figura 3.31. Senderos área # 3.....	67
Figura 3.32. Luminaria Sky_pro Ledvance de 30 W.....	67
Figura 3.33. Pista de trote área # 3.	68
Figura 3.34. Luminaria Sky_pro Ledvance de 30 W.....	68
Figura 3.35. Cancha profesional área # 2.	69
Figura 3.36. Luminaria Sylvania sport de 600 W.....	69

Capítulo 1

1.1 Introducción

Los parques urbanos constituyen espacios esenciales para la planificación de las ciudades modernas, pues no solo permiten equilibrar la dinámica urbana con el entorno natural, sino que también fortalecen la calidad de vida de los habitantes al ofrecer áreas destinadas al esparcimiento, la recreación y la integración social. En este contexto, el Parque Samanes, concebido como parte del proyecto “Guayaquil Ecológico”, se ha consolidado como uno de los pulmones verdes más representativos de la ciudad y de la región. Con una extensión aproximada de 851 hectáreas y una inversión cercana a los 230 millones de dólares en su desarrollo, se posiciona entre los tres parques urbanos más grandes de Latinoamérica, brindando a la ciudadanía un espacio multifuncional de relevancia ambiental, social y cultural.

Dentro de su infraestructura, el sistema de alumbrado exterior desempeña un papel estratégico. Su función trasciende la simple provisión de visibilidad durante la noche, ya que incide de manera directa en la seguridad de los visitantes, el fomento de actividades comunitarias y el aprovechamiento pleno de las áreas verdes en horarios extendidos. Un sistema de iluminación eficiente y correctamente planificado contribuye a la sostenibilidad del parque, facilita el mantenimiento de sus instalaciones y garantiza condiciones de operatividad acordes a las normativas vigentes.

Por lo tanto, el análisis del sistema de alumbrado público del Parque Samanes no solo resulta pertinente desde la perspectiva técnica, sino también desde la social y ambiental. Este componente constituye un eje fundamental en el diseño y gestión de espacios urbanos, y su estudio permitirá identificar oportunidades de optimización mediante la incorporación de tecnologías innovadoras, tales como la telegestión, que aportan eficiencia energética y mejoran la calidad del servicio. De esta manera, la presente investigación se orienta a examinar y

proponer alternativas que contribuyan al fortalecimiento integral de este espacio público, respondiendo a las necesidades actuales de sostenibilidad y seguridad ciudadana.

1.2 Descripción del problema

El Parque Samanes, considerado uno de los principales espacios recreativos y ambientales de la ciudad de Guayaquil, enfrenta deficiencias críticas en su sistema de alumbrado público exterior. La iluminación actual presenta fallas recurrentes que generan zonas oscuras en senderos, áreas deportivas y sectores perimetrales, lo cual limita el uso nocturno del parque y afecta la percepción de seguridad de los visitantes.

La situación de inseguridad percibida ha llevado a que, en agosto de 2025, las autoridades municipales inauguren una Estación de Acción Segura (EAS) dentro del parque, como respuesta a los reclamos ciudadanos por la persistencia de robos y asaltos en el sector norte de la ciudad [1]. Sin embargo, la implementación de estas medidas de vigilancia no resuelve las causas estructurales del problema, entre las cuales se encuentra el deterioro del sistema de iluminación.

En 2023, por ejemplo, el robo de 800 metros de cableado eléctrico ocasionó la interrupción total del servicio de alumbrado hasta su reposición por parte de CNEL [2]. De igual manera, se han documentado postes de iluminación dañados y sectores del parque que permanecen sin cobertura lumínica durante la noche, reduciendo el aprovechamiento recreativo y social del espacio [3].

En consecuencia, la deficiencia del sistema de iluminación compromete la operatividad nocturna del Parque Samanes, debilita la percepción de seguridad y limita su función como espacio comunitario y de recreación.

1.3 Justificación del problema

La necesidad de atender esta problemática radica en que el Parque Samanes constituye un patrimonio urbano y ambiental estratégico para Guayaquil, diseñado para promover la recreación, la integración social y el bienestar comunitario. No obstante, la deficiencia en su sistema de alumbrado público limita la seguridad ciudadana y restringe el uso del parque en horarios nocturnos.

Las medidas implementadas, como la inauguración de estaciones de seguridad y la reposición de cableado eléctrico, han sido acciones reactivas y parciales, que no garantizan la solución integral de la problemática [1], [2]. La persistencia de zonas oscuras y fallas en la infraestructura de iluminación evidencia que la intervención debe ir más allá de medidas puntuales, adoptando un enfoque sostenible y tecnológico [3].

En este sentido, la justificación del presente trabajo se fundamenta en la necesidad de implementar un sistema moderno, confiable y energéticamente eficiente de alumbrado con telegestión, que asegure la continuidad del servicio, optimice el consumo energético y contribuya directamente a la reducción de los factores de inseguridad. Con ello, se incentivará la vida comunitaria y se garantizará un uso más seguro y sostenible del Parque Samanes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar y evaluar técnicamente el sistema de alumbrado público exterior del Parque Samanes mediante software de simulación y herramientas de telegestión, cumpliendo con normativas internacionales, con el fin de repotenciar su actividad nocturna, mejorar la seguridad ciudadana, optimizar el consumo energético y convertirlo en un referente nacional de gestión eficiente de iluminación pública.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual del sistema de alumbrado exterior del Parque Samanes mediante inspecciones técnicas en campo.
- Identificar las no conformidades técnicas de la infraestructura eléctrica en relación con las normativas nacionales e internacionales aplicables.
- Rediseñar el sistema de alumbrado exterior utilizando software especializado de simulación lumínica.
- Incorporar criterios de telegestión en la propuesta de rediseño para garantizar eficiencia operativa, sostenibilidad y seguridad.
- Comparar los resultados obtenidos con los niveles de iluminación requeridos por la normativa y evaluar los beneficios técnicos, sociales y energéticos de la propuesta.

1.5 Marco teórico

El marco teórico desarrollado constituye la base conceptual que sustenta la investigación, al integrar los fundamentos sobre alumbrado público, parámetros fotométricos, normativas aplicables y sistemas de telegestión. Este apartado permitió establecer los criterios técnicos y normativos necesarios para orientar el rediseño del sistema de iluminación del Parque Samanes, garantizando que la propuesta se enmarque en estándares internacionales de eficiencia y calidad.

1.5.1 Alumbrado público en el contexto urbano

El alumbrado público constituye un elemento esencial en el desarrollo de las ciudades, pues garantiza visibilidad en horarios nocturnos, mejora la movilidad urbana, refuerza la seguridad ciudadana y aporta al atractivo estético de los espacios [4]. En Ecuador, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) incorporó en el Plan Maestro de Electricidad 2012–2032 un análisis del consumo de alumbrado público, identificándolo como una fracción significativa de la demanda energética nacional [5].

Adicionalmente, la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCONEL) expidió la Regulación 006/20, que establece parámetros técnicos y de calidad para garantizar un servicio eficiente de alumbrado público [6]. Estas disposiciones son relevantes para el Parque Samanes, donde la iluminación debe ajustarse a estándares normativos que aseguren eficiencia y seguridad.

1.5.2 Alumbrado exterior

La iluminación exterior constituye una herramienta fundamental en la planificación urbana, ya que no solo brinda condiciones adecuadas de visibilidad, sino que también transforma los espacios en entornos más seguros, sostenibles y estéticamente atractivos [7].

En este contexto, es importante distinguir los diferentes criterios aplicables:

- En **vías vehiculares**, la evaluación se realiza principalmente a través de parámetros de luminancia, uniformidad y control del deslumbramiento [18].
- En **áreas peatonales**, el parámetro fundamental es la uniformidad junto con un nivel mínimo de iluminancia que garantice seguridad y confort visual [18].
- En **zonas recreativas y deportivas**, la normativa establece valores de iluminancia media y uniformidad adecuados a la actividad que se desarrolla [15], [26].

Para el Parque Samanes, el alumbrado exterior cumple una función estratégica: permitir el uso nocturno de zonas deportivas y recreativas, mejorar la percepción de seguridad ciudadana y reducir el impacto energético mediante tecnologías modernas y sostenibles.

1.5.3 Aplicaciones de la iluminación exterior

Las aplicaciones del alumbrado exterior varían según el tipo de espacio y la finalidad. En contextos urbanos, se reconocen diversas tipologías [8]:

- **Ámbito vial:** luminarias de alta potencia con distribución óptica asimétrica que garantizan seguridad en vías principales.
- **Ámbito peatonal:** postes de altura media o baja con luminarias LED diseñadas para uniformidad y confort visual.
- **Ámbito recreativo/deportivo:** proyectores de alto flujo capaces de alcanzar niveles de iluminancia superiores para garantizar visibilidad en canchas y escenarios deportivos.

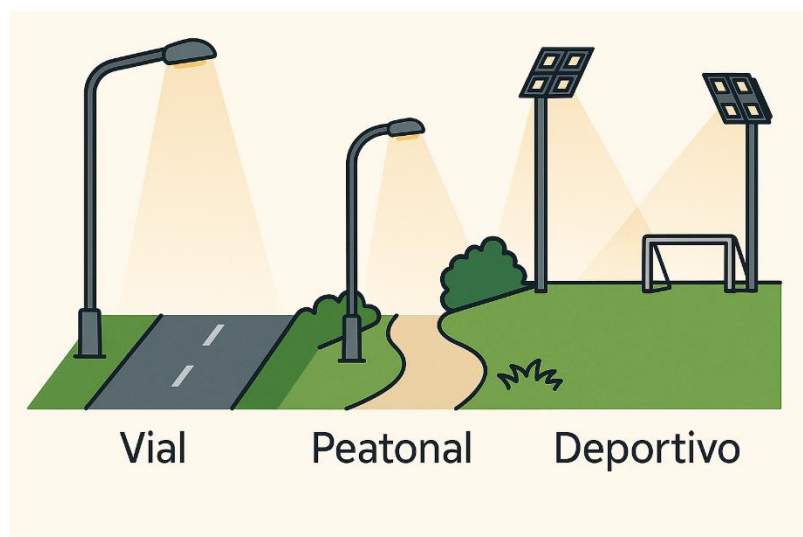


Figura 1.1. Referencia de diferente tipo de uso de iluminación.

En el Parque Samanes, la selección de luminarias responde precisamente a estas tipologías, adaptándose a cada zona de acuerdo con su uso específico.

1.5.4 Tipos de luminarias

En los sistemas de alumbrado público se han empleado históricamente lámparas de sodio de baja y alta presión. Las de baja presión se caracterizan por su elevada eficacia luminosa, aunque presentan deficiencias en reproducción cromática y menor vida útil [9]. Las de alta presión ofrecen una mejor calidad de luz, aunque requieren de balasto y arrancador.

La tendencia actual se orienta al uso de luminarias LED, que proporcionan una eficiencia superior a 110 lm/W, una vida útil que puede superar las 50.000 horas y la posibilidad de integración con sistemas de telegestión [10]. En el Parque Samanes, la transición hacia tecnología LED resulta fundamental para garantizar durabilidad, reducir costos operativos y optimizar la sostenibilidad del sistema de alumbrado.

1.5.5 Parámetros fotométricos

El diseño y evaluación de sistemas de alumbrado exterior se fundamentan en parámetros fotométricos estandarizados por organismos internacionales como la Comisión

Internacional de Iluminación (CIE) y la UNE-EN 13201 [11], [18]. Entre los más relevantes se encuentran:

Flujo luminoso (Φ): cantidad total de luz emitida por una fuente en todas las direcciones.

- Intensidad luminosa (I): flujo luminoso en una dirección específica.
- Iluminancia (E): flujo luminoso incidente sobre una superficie por unidad de área.
- Luminancia (L): luz percibida por el ojo humano en una dirección determinada.
- Uniformidad (U): relación entre la iluminancia mínima y la media en una superficie.

Ecuaciones:

- Iluminancia puntual

$$E = \frac{I \cdot \cos\theta}{d^2}$$

(1. 1)

- Iluminancia media

$$E_m = \frac{\sum E_i}{n}$$

(1. 2)

- Uniformidad general

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_m}$$

(1. 3)

- Uniformidad global

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

En el Parque Samanes, la aplicación de estas magnitudes es esencial para validar, mediante simulación lumínica en Dialux Evo, si las diferentes zonas (viales, peatonales, recreativas y deportivas) cumplen con las normativas aplicables [12], [26].

1.5.6 Telegestión en alumbrado público

La telegestión se define como un sistema de control remoto que permite supervisar y operar instalaciones de alumbrado público en tiempo real. Este tipo de sistemas evolucionó de los controles manuales y relojes astronómicos hacia plataformas modernas que integran tecnologías electrónicas, informáticas y de telecomunicación [13].

Existen tres esquemas principales:

- **Sistemas centralizados:** controlan grupos de luminarias desde un centro de supervisión.
- **Sistemas punto a punto:** cada luminaria incorpora un controlador individual con capacidad de comunicación.
- **Sistemas híbridos:** combinan ambas modalidades [14].

Sus beneficios incluyen ahorro energético, reducción de costos de mantenimiento mediante detección automática de fallas, mejora de la seguridad y almacenamiento de datos históricos para análisis [15]. No obstante, enfrenta limitaciones como costos de implementación y la dependencia de redes de telecomunicaciones confiables [16]. En el Parque Samanes, la telegestión constituye una solución clave para modernizar la infraestructura de alumbrado, garantizando eficiencia y sostenibilidad.

Un sistema típico de telegestión está compuesto por tres elementos fundamentales: teleceldas de control, una estación base o pasarela (gateway) y un sistema de gestión central.

Teleceldas de control

Las teleceldas son dispositivos instalados en cada luminaria que permiten regular su encendido, apagado y, en algunos casos, la atenuación del flujo luminoso. Además, son responsables de transmitir información sobre el estado operativo de la luminaria, como fallas, consumos anómalos o interrupciones en la alimentación. La cantidad de teleceldas es igual al número de luminarias gestionadas.

Estación base o Gateway

La estación base funciona como un nodo de comunicación que enlaza el sistema central con las teleceldas distribuidas en el campo. Opera en bandas de radio específicas (902–928 MHz), con alcance de hasta 16 km en condiciones óptimas, y posee capacidad de gestión para aproximadamente 5.000 luminarias. Entre sus principales características destacan:

- Comunicación inalámbrica segura y de bajo consumo.
- Redundancia mediante ranuras SIM duales para transmisión de datos.
- Puerto Ethernet integrado para conexión directa a internet.
- Medidor de luz de alta precisión.
- Protección IP66 e IK08 para operación continua en ambientes exteriores.
- Sistema de gestión central

El sistema de gestión central corresponde al software encargado de administrar en tiempo real la información proveniente de las estaciones base y teleceldas. Usualmente está alojado en la nube y es accesible a través de un navegador web seguro con autenticación en dos pasos. Sus funciones incluyen:

- Monitorización de la red de luminarias.
- Detección inmediata de fallas.
- Generación de reportes y estadísticas de consumo.
- Integración con otros sistemas de gestión mediante interfaces API/XML.
- Topología de red

La arquitectura de comunicación más empleada en telegestión de alumbrado público es la topología en estrella, en la cual cada telecelda se conecta directamente con la estación base, sin necesidad de rutas intermedias. Esta configuración ofrece ventajas frente a las redes en malla, tales como:

- Implementación más sencilla y rápida, incluso con un número reducido de luminarias.
- Mayor resistencia a fallas, ya que la pérdida de un nodo no interrumpe la red.
- Menor costo operativo, al requerir menos estaciones base.

Mayor capacidad para cubrir áreas amplias y despliegues dispersos.

Capítulo 2

2. Metodología

La metodología planteada en este trabajo se estructuró en fases que abarcan desde el levantamiento de información en campo hasta la evaluación técnica y económica de la propuesta. Cada una de estas etapas permitió asegurar la rigurosidad en la obtención de datos, la correcta aplicación de las normativas internacionales y la simulación de escenarios de operación que sustentan el rediseño del sistema de alumbrado del Parque Samanes.

2.1 Enfoque metodológico

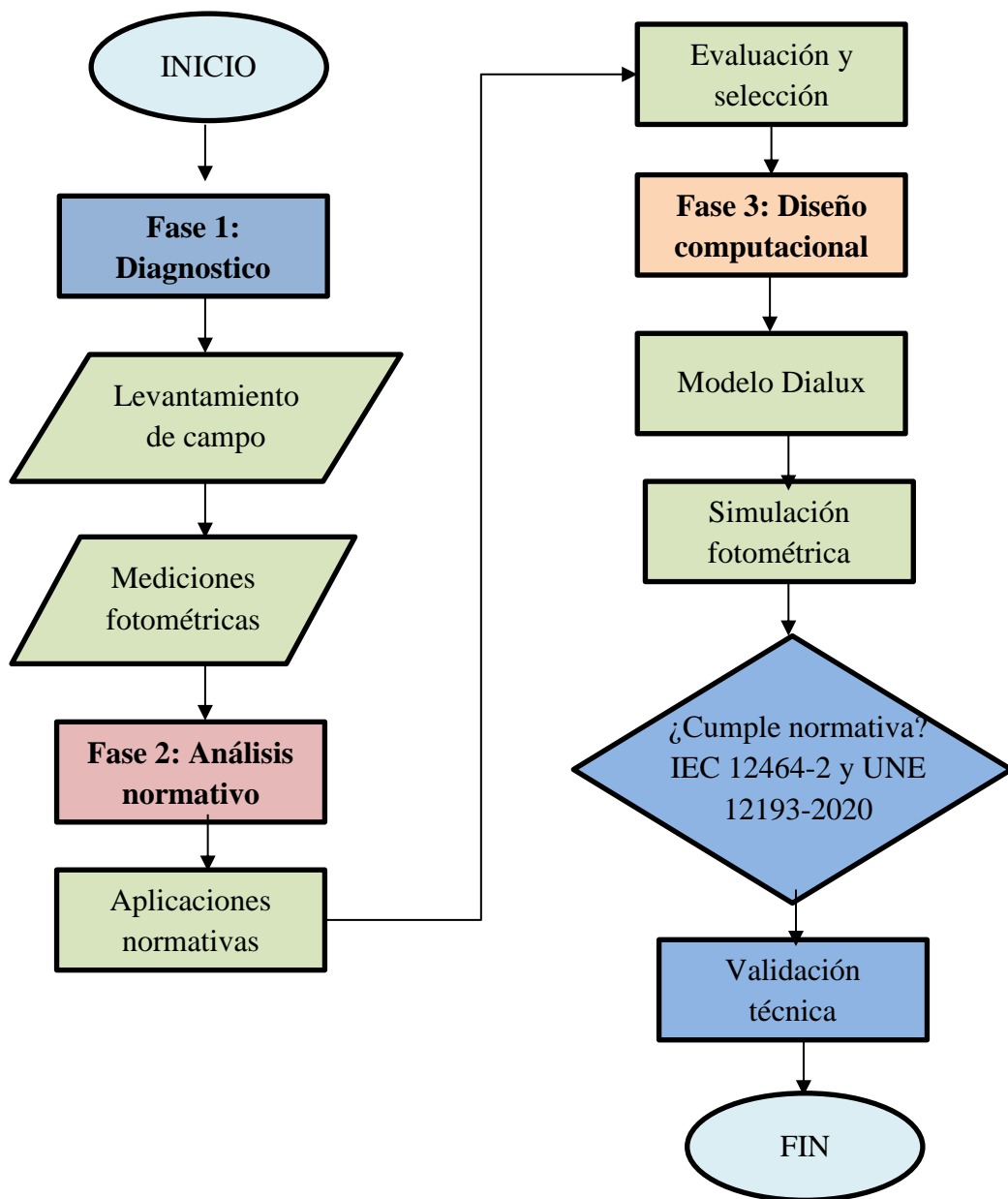


Figura 2.3.Enfoque metodológico del estudio de iluminación.

2.2 Estrategia metodológica

La investigación se desarrolló bajo una estrategia retrospectiva (ex–post), en la cual la planificación metodológica se estructuró en función de los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial del Parque Samanes. Este enfoque aseguró que las decisiones técnicas se fundamentaran en evidencia empírica, más que en supuestos teóricos.

En la primera fase, el levantamiento de campo se llevó a cabo en la franja horaria comprendida entre las 19h00 y las 22h00, con el objetivo de registrar el estado operativo real de las luminarias en condiciones de uso nocturno. La actividad fue realizada por grupos de entre 4 y 8 integrantes, organizados para recorrer las distintas zonas del parque y verificar manualmente el funcionamiento de cada punto de luz.

Inicialmente, la información recolectada se registraba en los planos referenciales y luego se transcribía en casa. Sin embargo, este método presentó dificultades de interpretación: en varios casos no se identificaban correctamente los puntos de referencia, lo que ocasionaba errores de lectura y ralentizaba el proceso de sistematización en AutoCAD.

Para superar estas limitaciones, se procedió a llevar una computadora portátil directamente al sitio de levantamiento, de manera que los datos se ingresaran en tiempo real sobre la planimetría digital del parque. Mientras algunos integrantes del equipo se encargaban de recorrer las zonas asignadas y realizar el levantamiento parcial, otro miembro introducía de forma inmediata la información en AutoCAD.

Con el fin de mantener un registro claro y estandarizado, se empleó una simbología gráfica en AutoCAD basada en colores:

Círculo verde → luminaria en estado operativo.

Círculo rojo → luminaria fuera de servicio.

Este procedimiento no solo permitió agilizar el proceso, sino que también otorgó validez y confiabilidad a los datos, al minimizar el riesgo de errores de interpretación en gabinete y asegurar que la información levantada coincidiera de manera precisa con la realidad observada en campo.

2.3 Fases metodológicas

2.3.1 Levantamiento de campo e inventario

El levantamiento de información constituyó la primera fase técnica de la metodología y tuvo como propósito cuantificar el estado operativo de las luminarias del Parque Samanes, generando una línea base para el diseño y la simulación posterior.

El proceso se estructuró en torno a los siguientes aspectos:

- Cobertura del parque: se realizó una división del espacio en cinco sectores correspondientes al plano arquitectónico general, lo que permitió asignar áreas específicas a cada grupo de trabajo y asegurar un barrido completo de la infraestructura lumínica.
- Instrumentación aplicada: además de la verificación visual del estado de funcionamiento, se empleó un flexómetro digital de con el fin de determinar la altura real de los postes, dato fundamental para el modelado en Dialux Evo. Estas mediciones garantizaron la fidelidad de la simulación.
- Registro en AutoCAD: la información recolectada se integró directamente en la planimetría digital del parque, representando cada luminaria mediante la simbología estandarizada (círculo verde para luminarias operativas y círculo rojo para luminarias inoperativas). Este procedimiento facilitó la construcción de un inventario técnico preciso y de fácil interpretación.

En síntesis, esta fase no solo permitió elaborar un inventario cuantitativo confiable, sino también obtener parámetros físicos (altura de postes) y espaciales (ubicación por sectores) que resultaron determinantes para el diseño lumínico en software especializado y con ello también el cálculo de consumo que se tiene por zonas.

Así mismo sacar la relación de luminarias que no están operativas.

- Potencia instalada por zona.

$$P_t = \sum ni * pi$$

(2. 1)

- Factor de operatividad de luminarias

$$Fop = \frac{N_{op}}{N_{Tot}} * 100$$

(2. 2)

2.3.2 Análisis normativo

El análisis normativo constituyó una fase esencial dentro de la metodología, pues permitió vincular los resultados del levantamiento de campo con los estándares internacionales de iluminación. Este proceso fue determinante para evaluar la magnitud de las deficiencias encontradas y definir los parámetros técnicos que debía cumplir el rediseño del sistema de alumbrado en el Parque Samanes.

Si bien existen múltiples regulaciones aplicables al alumbrado público, el presente proyecto se centró en dos referencias normativas de mayor pertinencia para el contexto estudiado:

1. IEC 12464-2 (Iluminación de lugares de trabajo exteriores)

- Esta norma internacional establece los niveles mínimos de iluminancia media (Em), iluminancia mínima (Emin) y uniformidad (U) que deben garantizarse en diferentes tipos de espacios exteriores, incluyendo senderos peatonales, estacionamientos, áreas recreativas y zonas de tránsito.
- Su aplicación fue clave para evaluar las zonas de circulación del parque (peatonales, camineras, parqueaderos y áreas recreativas), dado que en ellas se requiere seguridad visual, confort y accesibilidad durante horarios nocturnos.

2. UNE 12193:2020 (Iluminación de instalaciones deportivas)

- Norma especializada que define los requisitos de iluminancia y uniformidad para instalaciones deportivas, considerando la disciplina practicada y el nivel competitivo.
- En el Parque Samanes, su aplicación resultó fundamental, dado que este espacio cuenta con canchas de fútbol, básquet, vóley, tenis, vóley playa y handball, que requieren niveles significativamente más altos de iluminación que las zonas peatonales o recreativas.

A partir de estas referencias, se construyó una matriz normativa de referencia que sirvió de base para las simulaciones fotométricas en Dialux (capítulo 3). Los valores mínimos establecidos fueron los siguientes:

Tabla 2.1. Tabla de luxes promedio con uniformidad de acuerdo a las normativas.

Zona de aplicación	Iluminancia media (lx)	Uniformidad mínima (U)	Norma de referencia
Áreas peatonales y senderos	5 – 10	$U \geq 0,25$	IEC 12464-2
Estacionamientos	≥ 20	$U \geq 0,25$	IEC 12464-2
Áreas recreativas y verdes	10 – 20	$U \geq 0,25$	IEC 12464-2
Canchas deportivas (fútbol, básquet, vóley, tenis, handball, playa)	300 – 500	$U \geq 0,70$	UNE 12193:2020

Este marco regulatorio tuvo dos propósitos principales dentro del proyecto:

- Criterio de diseño: sirvió como guía para configurar los parámetros en el software Dialux Evo, garantizando que las simulaciones no solo reprodujeran la realidad existente, sino que propusieran un escenario optimizado que cumpla estrictamente con las normas internacionales.

De esta forma, el análisis normativo aseguró que el rediseño lumínico del Parque Samanes no solo respondiera a un criterio estético o de ahorro energético, sino también a un enfoque técnico-regulatorio que valida su factibilidad y pertinencia.

2.3.3 Simulación y modelado computacional

Con el inventario validado y los parámetros normativos definidos, se procedió a la etapa de simulación lumínica en Dialux Evo, herramienta central para el diseño y la validación del sistema de alumbrado propuesto en el Parque Samanes.

El proceso metodológico de modelado se desarrolló en los siguientes pasos:

1. Segmentación del parque en cinco secciones

- Con base en el plano arquitectónico y el levantamiento de campo, el parque se dividió en cinco sectores.

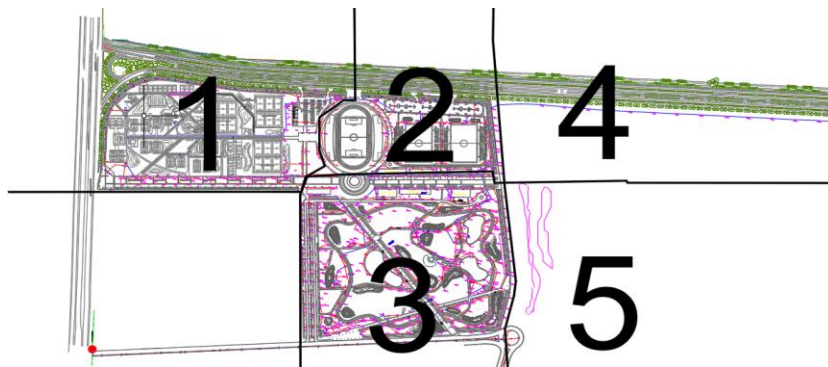


Figura 2.4. División en cuadrantes del parque.

- Esta segmentación permitió realizar simulaciones independientes por área, dado que dialux no permite un diseño compartido, por lo tanto, se tuvo que segmentar

para simular forma independiente

Una vez que segmentando en 5 cuadrante se tomo en cuenta la

2. Determinación de alturas de montaje

- A partir de mediciones de campo con un medidor digital de altura, se definieron las alturas reales de los postes (6 m, 10 m y 15 m según el sector).

3. Selección e incorporación de luminarias LED

- Se cargaron las curvas fotométricas en formato IES proporcionados por fabricantes.
- De acuerdo con el diseño y forma del haz de la luminaria y del área se seleccionaba la luminaria que cumpla con el requerimiento.

4. Configuración de cálculos fotométricos

- Se establecieron grillas de cálculo con resolución de 1 m² en cada zona del parque.
- Los parámetros evaluados fueron:
 - i. Iluminancia media (E_m)
 - ii. Iluminancia mínima (E_{min})
 - iii. Uniformidad ($U_0 = E_{min}/E_m$)
 - iv. Relación de uniformidad general ($U_g = E_{min}/E_{max}$)

5. Ejecución de simulaciones y comparación normativa

- Cada simulación generó curvas fotométricas, diagramas de distribución de luz y mapas de iluminancia.
- Los resultados se contrastaron con los valores mínimos exigidos por las normativas, identificando las áreas críticas que no cumplían con los niveles requeridos de uniformidad.

2.3.4 Diseño propuesto del sistema de alumbrado

Con base en los resultados obtenidos en las simulaciones de Dialux Evo y los parámetros definidos en el análisis normativo, se procedió a elaborar el diseño optimizado del sistema de alumbrado exterior del Parque Samanes, el cual incorpora tanto la sustitución de luminarias como la implementación de un sistema de telegestión que garantice eficiencia operativa y sostenibilidad a largo plazo.

El diseño propuesto se estructuró bajo los siguientes criterios:

1. Selección de luminarias LED

- Se seleccionaron luminarias LED con potencias comprendidas entre 30 W y 300 W, dependiendo del área de aplicación.
- uniformidad ($U \geq 0,15$ en zonas peatonales y $\geq 0,70$ en deportivas) y reduciendo pérdidas energéticas.

2. Cobertura por zonas

- Zonas peatonales y camineras: se propuso el reemplazo de luminarias con unidades LED de baja potencia (90–120 W), distribuidas para asegurar continuidad lumínica y cumplir la IEC 12464-2.
- Parqueaderos y áreas recreativas: se planteó el uso de luminarias de 50–120 con ópticas de distribución amplia, asegurando niveles adecuados de iluminancia y uniformidad.
- Canchas deportivas: se diseñó la instalación de proyectores LED de alta potencia (50–400 W) con distribución asimétrica, cumpliendo con la UNE 12193:2020 en lo referente a iluminancia media y uniformidad.
- Iluminación perimetral y de seguridad: se propuso el uso de luminarias LED con distribución focalizada para reforzar la visibilidad en los límites del parque.

3. Sistema de telegestión

- Se incorporó un esquema de telegestión punto a punto, que permite la supervisión y control remoto de cada luminaria.
- El sistema contempla tres componentes principales:
 - i. Controladores individuales: instalados en cada luminaria para gestionar encendido, apagado y regulación de flujo luminoso.
 - ii. Gateways o nodos concentradores: encargados de recibir la información de los controladores y transmitirla al servidor central mediante comunicación inalámbrica.
 - iii. Plataforma CMS (Central Management System): software de gestión que permite monitorear el estado de cada luminaria, programar horarios de encendido/apagado, detectar fallas y optimizar consumos en tiempo real.
- Esta arquitectura reduce los tiempos de respuesta en mantenimiento, mejora la eficiencia energética y garantiza una operación sostenible del sistema.

4. Optimización energética y operativa

- El diseño con telegestión proyectó un ahorro energético estimado del 15,8% en comparación con la operación convencional.
- La capacidad de regulación de flujo permitió reducir el consumo en horarios de baja demanda y extender la vida útil de las luminarias.
- El sistema de monitoreo en línea contribuye a la reducción de costos de mantenimiento correctivo, al identificar fallas de manera inmediata.

2.3.5 Análisis técnico–económico

El análisis técnico–económico constituyó la última fase metodológica del proyecto y tuvo como objetivo evaluar la factibilidad de la propuesta de modernización del alumbrado del

Parque Samanes, considerando criterios de desempeño lumínico, consumo energético y sostenibilidad económica.

A continuación, se va enunciar las ecuaciones para posterior emplearlas en los resultados se destacan las siguientes:

- Consumo energético

$$E = P \cdot t \quad (2.5)$$

- Ahorro energético con telegestión

$$A = E_{100\%} - E_{TG} \quad (2.6)$$

- Ahorro económico

$$B = A \cdot C_{kWh} \quad (2.7)$$

- Costo total del sistema

$$C_T = C_{lum} + C_{rec} + C_{MO} + C_{TG} \quad (2.8)$$

El procedimiento se estructuró en las siguientes etapas:

1. Definición de escenarios de evaluación

Se establecieron tres escenarios de referencia que permitieron comparar de manera objetiva las condiciones actuales y las alternativas de rediseño:

- Escenario 1: Estado actual → caracterizado por el elevado porcentaje de luminarias inoperativas, con deficiencias en niveles de iluminancia y uniformidad.

- Escenario 2: Sistema con luminarias LED sin telegestión → planteado como una modernización básica, con mejoras en eficiencia lumínica, pero sin herramientas de control inteligente.
- Escenario 3: Sistema propuesto con luminarias LED y telegestión → integra tecnología LED de alta eficiencia junto con un sistema de control punto a punto para la gestión remota, monitoreo y regulación de flujo luminoso.

2. Variables técnicas analizadas

Para cada escenario se consideraron parámetros que inciden directamente en el desempeño del sistema, entre ellos:

- Potencia instalada total.
- Cantidad y tipo de luminarias por zona (peatonales, parqueaderos, deportivas y recreativas).
- Horas promedio de funcionamiento del sistema en condiciones nocturnas.
- Consumo energético estimado en kWh.

3. Variables económicas analizadas

Con base en los parámetros técnicos, se procedió a estimar los costos asociados a cada escenario, considerando:

- Inversión inicial: adquisición e instalación de luminarias y equipos de control.
- Costos de operación: derivados del consumo eléctrico proyectado en el horizonte de análisis.
- Horizonte temporal de evaluación: se estableció un período de 10 años como referencia para la comparación.

Cabe señalar que los costos de mantenimiento preventivo y correctivo no fueron incluidos en la estimación, debido a la ausencia de datos confiables en esa área; no

obstante, se reconoce su relevancia como variable a considerar en investigaciones futuras.

4. Metodología comparativa

- a. Se elaboraron cuadros y gráficos comparativos (presentados en el capítulo 3) que muestran la relación entre el consumo energético proyectado y los costos asociados en cada caso.
- b. La evaluación permitió determinar cuál de las alternativas resulta más conveniente desde una perspectiva integral, equilibrando el cumplimiento normativo con la sostenibilidad económica.

2.4 Herramientas y recursos utilizados

El desarrollo del proyecto requirió el uso de herramientas y recursos técnicos que permitieron realizar el levantamiento de información, la sistematización de datos y la simulación lumínica. Los principales fueron:

1. Software de diseño y simulación

- a. **AutoCAD**: utilizado para elaborar la planimetría del Parque Samanes, registrar el inventario de luminarias y representar gráficamente el estado operativo mediante simbología (círculos verdes para luminarias en funcionamiento y círculos rojos para luminarias fuera de servicio).
- b. **Dialux Evo**: empleado como software especializado para la modelación y simulación lumínica, permitiendo calcular iluminancia media, mínima y uniformidad en las distintas zonas del parque, en concordancia con las normativas IEC 12464-2 y UNE 12193:2020.

2. Instrumentos de apoyo en campo

- a. Flexómetro digital: utilizado para determinar la altura real de los postes de alumbrado, dato fundamental para la configuración precisa de los cálculos en Dialux Evo.

3. Datos técnicos y documentación

- a. Archivos fotométricos (formato IES): proporcionados por fabricantes de luminarias LED, incorporados en el software de simulación para garantizar fidelidad en los cálculos lumínicos.
- b. Planos arquitectónicos y referenciales del Parque Samanes: utilizados como base para la segmentación del parque en cinco áreas de análisis.
- c. Normativas técnicas internacionales: IEC 12464-2 y UNE 12193:2020, consideradas como referencia para los criterios de validación normativa.

4. Recursos humanos

- a. Un equipo de entre 4 y 8 integrantes, quienes participaron en el levantamiento de campo, en la recolección de datos y en la sistematización de la información en AutoCAD.
- b. La organización del grupo en equipos parciales permitió asignar sectores específicos del parque y realizar un levantamiento confiable, reduciendo la posibilidad de errores de interpretación.

2.5 Criterios de validación

La validez del diseño propuesto se fundamentó en un conjunto de criterios técnicos y normativos que permitieron garantizar que las simulaciones lumínicas y el sistema planteado cumplieran con los estándares internacionales. Estos criterios se definieron de la siguiente manera:

1. Cumplimiento normativo internacional

Todas las simulaciones y diseños fueron contrastados con los requisitos establecidos en:

- a. IEC 12464-2: para zonas exteriores, áreas peatonales, parqueaderos y espacios recreativos.
- b. UNE 12193:2020: para instalaciones deportivas, con especial atención a los niveles de iluminancia media y la uniformidad mínima exigida ($U \geq 0,70$).

2. Concordancia entre levantamiento y simulación

- a. Los datos levantados en campo (estado operativo de luminarias, alturas de postes, distribución espacial) fueron utilizados como insumo directo para el modelado en Dialux Evo.
- b. Se estableció como criterio que la simulación debía representar fielmente la condición real levantada en sitio, minimizando la introducción de supuestos o valores aproximados.

3. Parámetros fotométricos de referencia

- a. Se validaron los resultados de simulación en función de tres indicadores principales:
 - i. Iluminancia media (E_m)
 - ii. Iluminancia mínima (E_{min})
 - iii. Uniformidad ($U_0 = E_{min}/E_m$)
- b. Se consideró como válido todo diseño que cumpliera con los valores normativos mínimos para cada tipo de área del parque.

4. Consistencia técnica del diseño

- a. Se verificó que la selección de luminarias, potencias nominales, curvas fotométricas y alturas de montaje correspondiera con las condiciones reales del parque y con las simulaciones en Dialux.
- b. Se estableció como criterio que las soluciones no solo cumplieran normativas, sino que también fueran técnicamente implementables en el contexto del Parque Samanes.

Capítulo 3

3. Análisis y resultados

En este capítulo se presentan los principales hallazgos obtenidos a partir de la aplicación de la metodología definida. Los resultados se organizan en función de los objetivos planteados, abarcando desde el diagnóstico del estado actual del sistema hasta la evaluación de los escenarios de telegestión y el análisis económico. Cada sección incluye tablas y gráficos que sintetizan los datos relevantes, acompañados de un análisis interpretativo que facilita su comprensión y contextualiza los beneficios de la propuesta.

3.1 Inspección y diagnóstico del estado actual

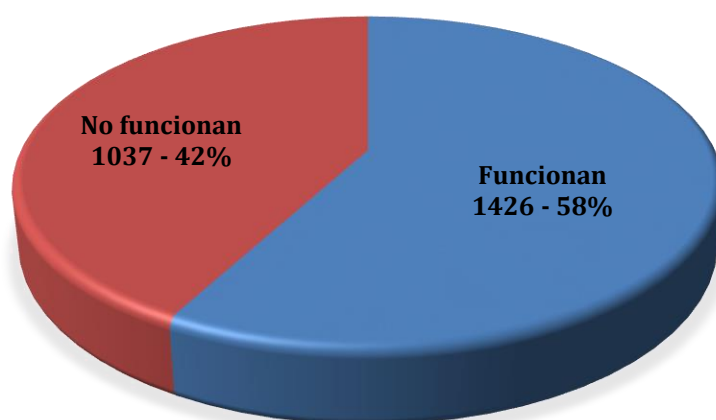


Figura 3.5. Porcentaje de luminarias que funcionan y no funcionan.

El levantamiento de campo permitió cuantificar la condición operativa de las luminarias del Parque Samanes. Según la Tabla 3.5 del Apéndice A, se registraron 1.852 luminarias en funcionamiento y 1.349 fuera de servicio, distribuidas de manera desigual en los cinco cuadrantes del parque.

Para determinar la potencia instalada por zona se aplicó la metodología descrita en la ecuación (2.1), considerando la cantidad de luminarias por tipología y su potencia nominal.

Con este procedimiento se verificó que los cuadrantes con mayor número de canchas deportivas concentraron la mayor potencia instalada, pero también los niveles más altos de inoperatividad.

El grado de funcionamiento del sistema se evaluó mediante la ecuación (2.2), obteniendo el factor de operatividad global en un 58%, mientras que el 42% de luminarias permaneció fuera de servicio, como se aprecia en la Tabla 3.6 del Apéndice A.

La Figura 3.1 muestra de forma gráfica la distribución de luminarias operativas e inoperativas en los distintos cuadrantes del parque. En ella se observa que los cuadrantes 1 y 2 presentaron los mayores porcentajes de fallas, superando el 50%, mientras que en los cuadrantes 4 y 5 el nivel de operatividad fue superior al 70%.

3.2 Propuesta de diseño lumínico

Tabla 3.2. Resultados de la simulación en Dialux de las distintas zonas del Parque Samanes.

Zona	Norma	Requisito (lux/U)	Diseño (lux/U)	Cumple lux	Cumple U	Resultado
Fútbol adultos	UNE12193-2020	150 / 0,60	224 / 0,63	✓	✓	Cumple
Fútbol niños	UNE12193-2020	75 / 0,50	98,6 / 0,63	✓	✓	Cumple
Básquet	UNE12193-2020	200 / 0,50	287 / 0,70	✓	✓	Cumple
Vóley	UNE12193-2020	200 / 0,50	230,6 / 0,65	✓	✓	Cumple
Tenis	UNE12193-2020	200 / 0,60	241 / 0,56	✓	✓	Cumple parcial
Handball	UNE12193-2020	200 / 0,50	286 / 0,61	✓	✓	Cumple
Deportes playa	UNE12193-2020	200 / 0,50	220 / 0,56	✓	✓	Cumple
Césped sintético	UNE12193-2020	75 / 0,50	81,2 / 0,50	✓	✓	Cumple
Caminatas	IEC-12464-2	5 / 0,25	10,8 / 0,25	✓	✓	Cumple
Pista trote	IEC-12464-2	5 / 0,25	11,5 / 0,24	✓	✓	Cumple parcial
Parqueaderos	IEC-12464-2	20 / 0,25	28,7 / 0,24	✓	✓	Cumple parcial

La simulación lumínica realizada en Dialux Evo permitió contrastar los valores obtenidos con los requisitos normativos establecidos en la IEC 12464-2 y UNE 12193:2020. Los resultados consolidados en la Tabla 3.2 muestran que la mayoría de las áreas deportivas y recreativas alcanzaron los niveles mínimos exigidos de iluminancia media y uniformidad.

La determinación de la iluminancia en cada punto de cálculo se fundamentó en la ecuación (1.1), basada en la ley del inverso del cuadrado de la distancia. Posteriormente, la iluminancia media de cada área se obtuvo mediante la ecuación (1.2), considerando el promedio de los valores registrados en los puntos de control.

La uniformidad general se verificó aplicando la ecuación (1.3), que relaciona la iluminancia mínima con la media, mientras que en espacios específicos se contrastó además la uniformidad global según la ecuación (1.4).

De acuerdo con la Tabla 3.2, la cancha de fútbol profesional alcanzó una iluminancia media de 224 lx con una uniformidad de 0,63, superando los valores normativos de 150 lx y 0,60 respectivamente. Sin embargo, en las canchas de tenis la uniformidad fue de 0,56, inferior al mínimo requerido (0,60), y en los parqueaderos se registró un valor de 0,24, levemente por debajo del exigido (0,25).

Estos resultados evidenciaron que, aunque el diseño propuesto permitió cumplir con la mayoría de las exigencias normativas en cuanto a iluminancia media y uniformidad, subsisten áreas críticas como las canchas de tenis y los parqueaderos. Este resultado se debió principalmente a la limitante de trabajar sobre la infraestructura existente, ya que se mantuvieron las posiciones y alturas de los postes originales, lo que restringió la flexibilidad en la redistribución de luminarias.

La aplicación de las ecuaciones (1.1) a (1.4), junto con la validación presentada en la Tabla 3.2, confirmó que el diseño alcanzó un desempeño aceptable dentro de las condiciones de restricción física, aunque será necesario implementar ajustes adicionales o refuerzos en la infraestructura si se busca un cumplimiento absoluto de la normativa en todas las áreas.

3.3 Cálculos consumo energético

Tabla 3.3. Consumo energético en kWh/día.

Descripción	Total kWh/DÍA
ESTADO ACTUAL	1496,13
100% OPERATIVO	2528,99
TELEGESTION 1	2176,742
TELEGESTION 2	2115,776
TELEGESTION 3	2010,779

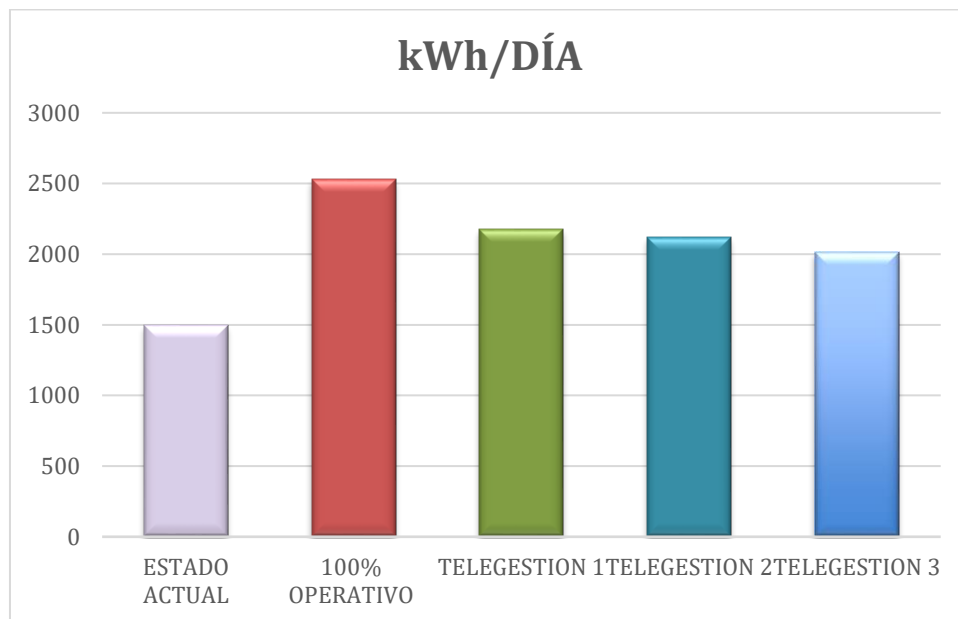


Figura 3.6. Grafica de barras comparativa acerca de los casos analizados.

El análisis del consumo energético del Parque Samanes se realizó considerando el estado actual de las luminarias, la proyección al 100% operativo y los tres escenarios de telegestión. Los cálculos detallados se encuentran en las Tablas 3.7 a 3.11 del Apéndice B, donde se registran los valores de potencia y energía diaria por tipo de luminaria y franja horaria.

El cálculo de la energía consumida se efectuó mediante la ecuación (2.5), que relaciona la potencia instalada y el tiempo de operación. Con este procedimiento, el estado actual reflejó

un consumo de aproximadamente 1.496,13 kWh/día, mientras que en el 100% operativo el valor ascendió a 2.528,99 kWh/día. Este incremento era previsible, ya que en el estado actual una parte significativa de las luminarias permanecía fuera de servicio.

La aplicación de la ecuación (2.6) permitió estimar el ahorro energético alcanzado en los tres escenarios de telegestión, en comparación con la operación al 100%. Así, se obtuvieron consumos de 2.176,74 kWh/día en el Escenario 1, 2.115,78 kWh/día en el Escenario 2 y 2.010,78 kWh/día en el Escenario 3, con reducciones progresivas en función del grado de regulación aplicado.

Mediante la ecuación (2.7) se calcularon los beneficios económicos asociados a dichos ahorros, considerando el costo unitario del kWh eléctrico. Los resultados indicaron que el Escenario 3 generó los mayores beneficios, con un ahorro mensual superior a 1.500 USD, mientras que los Escenarios 1 y 2 produjeron ahorros más moderados.

Finalmente, la ecuación (2.8) permitió estimar el costo total acumulado del sistema en cada escenario, integrando tanto el consumo energético como la inversión inicial en luminarias y telegestión.

La Figura 3.5 muestra comparativamente los consumos energéticos de los distintos escenarios, evidenciando la reducción progresiva obtenida al aplicar la telegestión. Se observa claramente que el Escenario 3 representó el punto de mayor eficiencia, logrando una reducción cercana al 20% respecto a la operación al 100%. No obstante, este escenario implicó una regulación lumínica más agresiva, lo que podría impactar en el confort visual de los usuarios si se aplicara en la práctica.

Los resultados confirmaron que la telegestión constituye una estrategia eficaz para optimizar el consumo energético del Parque Samanes. Aunque la operación al 100%

garantizaba la cobertura lumínica total, el consumo resultaba significativamente mayor. La incorporación de la regulación horaria y de flujo luminoso permitió alcanzar un equilibrio entre eficiencia energética y calidad de iluminación. Cabe señalar que los escenarios planteados corresponden a proyecciones de operación posibles, cuyo objetivo fue mostrar el rango de ahorro alcanzable. Entre ellos, el Escenario 3 se presentó como la alternativa más eficiente desde el punto de vista energético, aunque con una regulación más restrictiva en el flujo luminoso, mientras que los Escenarios 1 y 2 ofrecieron un balance más moderado entre ahorro y confort.

3.4 Ahorro

Tabla 3.4. Ahorro económico comparativo entre cuatro escenarios distintos.

Descripción	AHORRO MENSUAL
100% OPERATIVO	\$ -
TELEGESTION 1	\$ 1.056,74
TELEGESTION 2	\$ 1.239,64
TELEGESTION 3	\$ 1.554,63

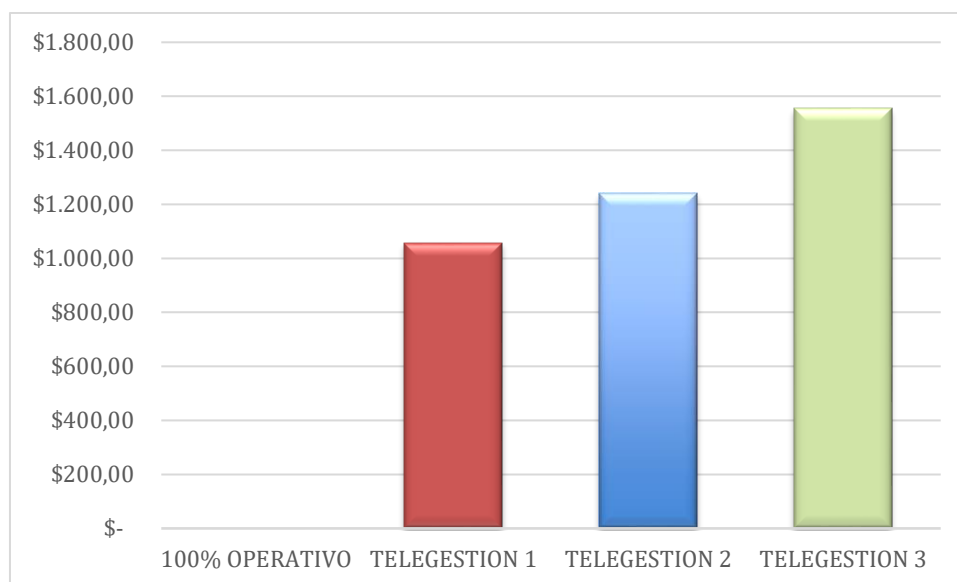


Figura 3.7. Gráfica de ahorro mensual de los casos de telegestión analizados.

La Figura 3.6 presenta el ahorro mensual estimado para cada escenario de telegestión, calculado a partir del ahorro energético (ecuación (2.6)) y su valoración económica (ecuación (2.7)). Con base en esos valores mensuales, se proyectaron los ahorros anuales (multiplicando por 12 meses) y a diez años ($12 \text{ meses} \times 10$), manteniendo constantes las condiciones de operación.

De acuerdo con la Figura 3.6, el TG3 presenta el mayor ahorro mensual, y por ende las mayores proyecciones anual y a 10 años.

Este escenario logra la mayor eficiencia porque aplica una regulación lumínica más agresiva (reducciones de flujo y/o tiempos más extensos).

Es importante señalar que son escenarios de operación posibles y proyectados, útiles para comparar rangos de beneficio. La elección final debe balancear ahorro vs. confort/seguridad (p. ej., TG2 puede ofrecer un compromiso intermedio con buen nivel de servicio).

Los resultados de la Figura 3.6 muestran un crecimiento monotónico del ahorro desde TG1 a TG3. Al proyectar los valores mensuales, el TG3 alcanza $\approx 18,7$ mil USD/año y $\approx 186,6$ mil USD en diez años, constituyéndose en la alternativa más eficiente desde el punto de vista energético-económico, con la salvedad de su mayor exigencia en regulación lumínica.

3.5 Análisis económico

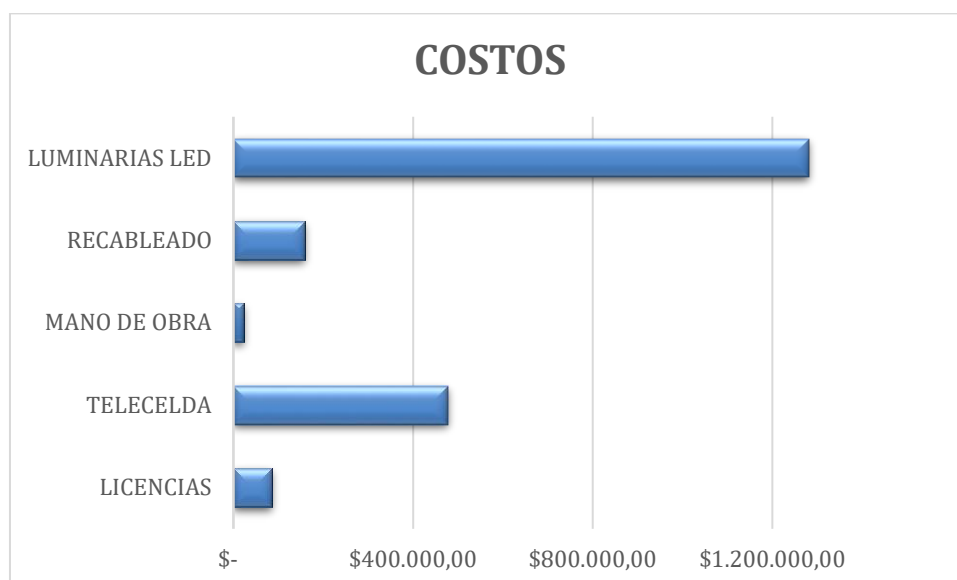


Figura 3.8. Costos de los elementos operativos, mano de obra y telegestión en el Parque Samanes.

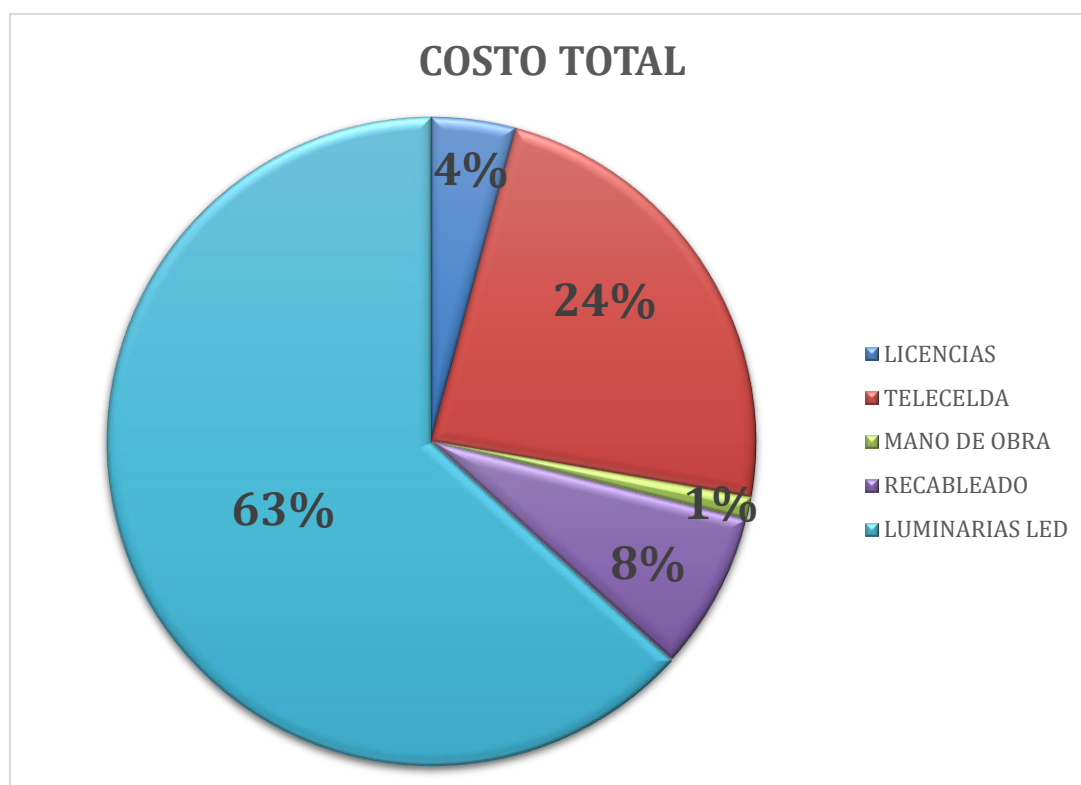


Figura 3.9. Porcentajes de incidencia de cada uno de los elementos del proyecto de iluminación en el Parque Samanes.

El análisis económico del rediseño del sistema de alumbrado del Parque Samanes se fundamentó en los costos de inversión inicial asociados al reemplazo de luminarias, recableado, instalación de teleceldas y licencias del sistema de telegestión. Los valores detallados se

encuentran en las Tablas 3.12 a 3.14 del Apéndice C, mientras que las Figuras 3.7 y 3.8 presentan la representación gráfica de dichos resultados.

En la Figura 3.7 se observa que el rubro con mayor participación corresponde a la adquisición de luminarias LED, seguido por la incorporación de controladores y teleceldas, el recableado y la mano de obra de instalación. La Figura 3.8 complementa este análisis mostrando la distribución porcentual de cada componente, confirmando que más del 50% de la inversión se concentró en el reemplazo de luminarias, mientras que los elementos asociados a la telegestión representaron un porcentaje menor pero significativo.

Si bien el análisis de costos evidencia que la implementación de telegestión incrementa la inversión inicial en comparación con un sistema convencional, es importante aclarar que su justificación no se centra en obtener un retorno de inversión inmediato (ROI), sino en los beneficios asociados al tiempo, control y monitoreo en tiempo real. Al igual que en la analogía con la adquisición de un vehículo, la rentabilidad no se mide exclusivamente en términos financieros, sino en las ventajas que aporta en movilidad, seguridad y confort.

Los resultados confirmaron que el costo total del sistema, aunque elevado, se encuentra sustentado en la necesidad de modernizar la infraestructura lumínica del parque y garantizar su operación bajo criterios de sostenibilidad y gestión inteligente. Las Figuras 3.7 y 3.8, junto con las Tablas del Apéndice C, evidenciaron que la mayor carga económica recae en las luminarias LED, mientras que la telegestión, aunque representa un costo adicional, aporta beneficios estratégicos que no pueden cuantificarse únicamente desde el punto de vista financiero. En consecuencia, la propuesta se justifica no por su rentabilidad inmediata, sino por su contribución a la seguridad, eficiencia y control integral del alumbrado del Parque Samanes.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se cumplió con el rediseño del sistema lumínico incorporando luminarias LED de alta eficiencia y un esquema de telegestión, lo que permitió proyectar una operatividad cercana al 100% y un control inteligente del alumbrado. Si bien la restricción de mantener la infraestructura existente limitó la redistribución óptima de luminarias, el diseño alcanzó un desempeño técnico aceptable y demostró la viabilidad de la propuesta.
- El levantamiento de campo determinó que el 42% de las luminarias estaban fuera de servicio, alcanzando un factor de operatividad del 58%. Este diagnóstico permitió identificar las áreas más críticas, como las canchas de fútbol amateur y los parqueaderos, que presentaron los mayores índices de inoperatividad.
- El diseño propuesto cumplió con los niveles de iluminancia media y uniformidad exigidos en normativas internacionales (UNE 12193:2020 e IEC 12464-2) en la mayoría de las áreas. Sin embargo, en sectores como canchas de tenis y parqueaderos no se alcanzaron los niveles mínimos de uniformidad, debido a la limitante de trabajar con la misma infraestructura física de postes y distancias preexistentes.
- Se determinó que el consumo en estado actual fue de 1.496,13 kWh/día, mientras que en el escenario del 100% operativo ascendió a 2.528,99 kWh/día. La incorporación de telegestión redujo progresivamente el consumo, logrando en el Escenario 3 un ahorro cercano al 20%, equivalente a ≈ 18.656 USD anuales y ≈ 186.556 USD proyectados a 10 años. La evaluación de escenarios de ahorro con telegestión demostró que el escenario más eficiente (TG3) permitió reducir hasta 353,37 kWh diarios, lo que representó un ahorro de 12.961 USD anuales y más de 129.000 USD en una proyección a 10 años.

4.2 Recomendaciones

- Implementar el rediseño lumínico con luminarias LED en fases, priorizando las áreas más críticas identificadas en el diagnóstico (canchas de fútbol amateur y parqueaderos), con el fin de alcanzar progresivamente el 100% de operatividad en todo el parque.
- Considerar, en futuras etapas, la reubicación o instalación de nuevos postes en canchas de tenis y parqueaderos, para solventar las limitaciones de uniformidad lumínica que no pudieron resolverse manteniendo la infraestructura existente.
- Iniciar la implementación del sistema de telegestión en los sectores de mayor consumo energético, evaluando de manera gradual la operación de los diferentes escenarios (TG1, TG2, TG3), de modo que se logre un balance entre ahorro energético, confort visual y seguridad ciudadana.
- Establecer un programa de seguimiento mensual del consumo eléctrico mediante la plataforma de telegestión, con el objetivo de validar en la práctica los ahorros proyectados ($\approx 20\%$ en Escenario 3) y ajustar la regulación según la demanda real de los usuarios.
- Promover la telegestión no únicamente como un proyecto financiero, sino como una inversión en seguridad, monitoreo y sostenibilidad urbana, destacando sus beneficios en detección automática de fallas, reducción de tiempos de mantenimiento y mejora de la seguridad ciudadana.

Referencias

- [1] Expreso, “Inseguridad en Guayaquil: Parque Samanes inaugura su Estación de Acción Segura (EAS),” *Expreso.ec*, Aug. 7, 2025. [Online]. Available: <https://www.expreso.ec/guayaquil/inseguridad-en-guayaquil-parque-samanes-inaugura-su-estacion-de-accion-segura-eas-252804.html>
- [2] Inmobiliar, “Parque Samanes con total normalidad tras reposición de cableado eléctrico,” *Secretaría Técnica de Gestión Inmobiliar del Sector Público (Inmobiliar)*, Jul. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.inmobiliar.gob.ec/parque-samanes-con-total-normalidad/>
- [3] Primicias, “Parque Samanes en Guayaquil: invasiones en el bosque seco y fallas en iluminación preocupan a visitantes,” *Primicias.ec*, May 8, 2023. [Online]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/parque-samanes-guayaquil-invasiones-bosque-seco/>
- [4] A. Sánchez, *Alumbrado público: fundamentos y aplicaciones*. Madrid, España: Editorial Técnica, 2018.
- [5] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), *Plan Maestro de Electricidad 2012–2032*. Quito, Ecuador: MEER, 2012.
- [6] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), *Regulación No. 006/20. Calidad del servicio eléctrico en alumbrado público*. Quito, Ecuador: ARCERNNR, 2020.
- [7] R. Pérez, “Iluminación exterior y planificación urbana sostenible,” *Revista de Energía y Ciudad*, vol. 5, no. 2, pp. 55–63, 2021.
- [8] J. López, *Iluminación arquitectónica y urbana*. Barcelona, España: Marcombo, 2019.
- [9] A. Flores Narváez, *Lámparas de sodio y eficiencia energética en alumbrado público*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2021.
- [10] Osram, “White Paper: LED street lighting technology and efficiency,” Osram Opto Semiconductors, Munich, Germany, 2020.
- [11] Comisión Internacional de Iluminación (CIE), *CIE 115: Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*. Viena, Austria: CIE, 2010.
- [12] Dialux, “Dialux Evo – Software for professional lighting design,” DIAL GmbH, 2023. [Online]. Available: <https://www.dialux.com>

- [13] O. Encalada, *Sistemas de telegestión en alumbrado exterior*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2012.
- [14] IEEE, *IEEE Standard 802.15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*. New York, USA: IEEE, 2020.
- [15] M. Núñez, “Protocolos de comunicación aplicados a telegestión en alumbrado público,” *Revista Tecnológica del Ecuador*, vol. 12, no. 1, pp. 44–59, 2017.
- [16] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 8995-1:2021 – Lighting of Workplaces, Part 1: Indoor*. Geneva, Switzerland: ISO, 2021.
- [17] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60598-1: Luminaires – Part 1: General Requirements and Tests*. Geneva, Switzerland: IEC, 2020.
- [18] Asociación Española de Normalización (UNE), *UNE-EN 13201: Road Lighting*. Madrid, España: AENOR, 2015.
- [19] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60598-2-3: Luminaires – Part 2-3: Particular requirements – Luminaires for Road and Street Lighting*. Geneva, Switzerland: IEC, 2019.
- [20] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 61347-2-11: Lamp Controlgear – Part 2-11: Particular Requirements for Miscellaneous Electronic Circuits Used with Luminaires*. Geneva, Switzerland: IEC, 2017.
- [21] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 62471: Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems*. Geneva, Switzerland: IEC, 2015.
- [22] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 62722-2-1: Luminaire Performance – Part 2-1: Particular Requirements for LED Luminaires*. Geneva, Switzerland: IEC, 2014.
- [23] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 8995-1: Lighting of Workplaces – Part 1: Indoor*. Geneva, Switzerland: ISO, 2021.
- [24] Illuminating Engineering Society (IES), *ANSI/IES RP-33-14: Lighting for Exterior Environments*. New York, USA: IES, 2014.
- [25] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 12464-2: Lighting of Workplaces – Part 2: Outdoor Workplaces*. Geneva, Switzerland: IEC, 2021.
- [26] Asociación Española de Normalización (UNE), *UNE 12193:2020 – Lighting of Sports Facilities*. Madrid, España: AENOR, 2020.

- [27] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC TR 150:2017 – Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations*. Geneva, Switzerland: IEC, 2017.
- [28] Ayuntamiento de Barcelona, “Proyecto de telegestión del alumbrado público en Barcelona,” Barcelona, España, 2021.
- [29] Comisión Nacional de Energía de Chile, “Informe sobre proyectos de telegestión en alumbrado público,” Santiago, Chile, 2020.
- [30] S. Proaño and J. Rengifo, *Propuesta de sistema de telegestión para la automatización del alumbrado público*, Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador, 2024.
- [31] O. Álvarez and L. Mendiá, *Gestión inteligente de la iluminación exterior para eficiencia energética*, Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2023.
- [32] M. Amaguaya and J. Lara, *Rediseño y automatización del alumbrado exterior en parqueaderos de campus universitario*, Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador, 2023.
- [33] J. Parra and J. Junco, *Diseño de sistema de iluminación pública eficiente basado en LED y telegestión*, Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador, 2017.

Apéndices

Apéndice A inventario detallado de luminarias

Tabla 3.5. Listado de luminarias operativas y no operativas por cuadrante.

N°	Descripción	Cuadrantes (situación actual)									
		1		2		3		4		5	
		Cant	Cant	Cant	Cant	Cant	Cant	Cant	Cant	Cant	Cant
		SI	No	SI	No	SI	No	SI	No	SI	No
1	Cancha Profesional 30 mts altura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Canchas Futbol Amateur	14	34	-	-	-	-	59	23	-	-
3	Canchas Futbol Amateur	16	80	-	-	-	-			-	-
4	básquet	24	24	-	-	-	-	32	16	-	-
5	tenis	8	6	-	-	-	-	12	4	-	-
6	vóley	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-
7	handball	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Futbol Mini	25	103	-	-	-	-	9	3	-	-
9	Futbol Playa	-	-	-	-	-	-	20	12	-	-
10	Vóley Playa	-	-	-	-	-	-	16	20	-	-
11	Peatonal Con poste de 10 m	68	54	19	45	59	39	-	-	-	-
12	Peatonal con de Poste de 10m colocadas a 5m	40	45	0	18	21	27	-	-	-	-
13	Peatonal con Poste de 6m	180	135	22	18	-	-	-	-	-	-
14	Pista de caminata con Ciclismo 6m	-	-	-	-	42	16	-	-	-	-
15	parqueo Con poste de 10 m	14	8	33	9	28	23	-	-	-	-
16	senderos secundarios 6m	-	-	-	-	45	18	-	-	-	-
17	Peatonales Poste de 15 metros por todo el cuadrante 4 y 5	-	-	-	-	-	-	227	110	235	113
18	Parqueo con poste de 15metros	-	-	-	-	-	-	21	3	123	15
		403	505	74	90	195	123	396	191	358	128

Tabla 3.6. Porcentaje de funcionamiento y no funcionamiento de las luminarias por potencia.

N°	Descripcion	Potencia Por luminaria (W) Sugerida	Marca	Total	Total
				Funciona n	No funciona n
1	Cancha Profesional 30 mts altura	600	Sylvania		
2	Canchas Futbol Amateur	400	Ledvance	56%	44%
3	Canchas Futbol Amateur	300	Ledvance	17%	83%
4	básquet	300	Ledvance	58%	42%
5	tenis	300	Ledvance	67%	33%
6	vóley	125	Ledvance	27%	73%
7	handball	200	Ledvance	100%	0%
8	Futbol Mini	50	Ledvance	24%	76%
9	Futbol Playa	400	Ledvance	63%	38%
10	Vóley Playa	300	Ledvance	44%	56%
11	Peatonal Con poste de 10 m	90	Sylvania	51%	49%
12	Peatonal con de Poste de 10m colocadas a 5m	60	Sylvania	40%	60%
13	Peatonal con Poste de 6m	30	Ledvance	57%	43%
14	Pista de caminata con Ciclismo 6m	30	Ledvance	72%	28%
15	parqueo Con poste de 10 m	90	Ledvance	65%	35%
16	senderos secundarios 6m	30	Ledvance	71%	29%
17	Peatonales Poste de 15 metros por todo el cuadrante 4 y 5	90	Ledvance	67%	33%
18	Parqueo con poste de 15metros	90	Ledvance	89%	11%
			Total	58%	42%

Apéndice B. Cálculos energéticos completos

Consumo estado actual

Tabla 3.7. Consumo que presenta en la actualidad Parque Samanes.

N°	Descripción	Consumo			
		Consumo kWh	17:00-22:00 (5 HORAS)	22:00-6:00 (8 HORAS)	kWh/DIA
1	Cancha Profesional 30 mts altura	-	-	-	-
2	Canchas Futbol Amateur	29,2	146	-	146
3	Canchas Futbol Amateur	4,8	24	-	24
4	básquet	16,8	84	-	84
5	tenis	6	30	-	30
6	vóley	0,75	3,75	-	3,75
7	handball	1,6	8	-	8
8	Futbol Mini	1,7	8,5	-	8,5
9	Futbol Playa	8	40	-	40
10	Vóley Playa	4,8	24	-	24
11	Peatonal Con poste de 10 m	13,14	65,7	105,12	170,82
12	Peatonal con de Poste de 10m colocadas a 5m	3,66	18,3	29,28	47,58
13	Peatonal con Poste de 6m	6,06	30,3	48,48	78,78
14	Pista de caminata con Ciclismo 6m	1,26	6,3	10,08	16,38
15	parqueo Con poste de 10 m	6,75	33,75	54	87,75
16	senderos secundarios 6m	1,35	6,75	10,8	17,55
17	Peatonales Poste de 15 metros por todo el cuadrante 4 y 5	41,58	207,9	332,64	540,54
18	Parqueo con poste de 15metros	12,96	64,8	103,68	168,48
TOTAL			802,05	694,08	1496,13

Consumo al 100% operativo

Tabla 3.8. Consumo referente al 100% operativo del Parque Samanes.

N°	Descripción	Consumo kWh	Consumo		
			17:00-22:00 (5 HORAS)	22:00-6:00 (8 HORAS)	kWh/DIA
1	Cancha Profesional 30 mts altura	-	-	-	-
2	Canchas Futbol Amateur	52	260	-	260
3	Canchas Futbol Amateur	28,8	144	-	144
4	básquet	28,8	144	-	144
5	tenis	9	45	-	45
6	vóley	2,75	13,75	-	13,75
7	hamball	1,6	8	-	8
8	Futbol Mini	7	35	-	35
9	Futbol Playa	12,8	64	-	64
10	Vóley Playa	10,8	54	-	54
11	Peatonal Con poste de 10 m	25,56	127,8	204,48	332,28
12	Peatonal con de Poste de 10m colocadas a 5m	9,06	45,3	72,48	117,78
13	Peatonal con Poste de 6m	10,65	53,25	85,2	138,45
14	Pista de caminata con Ciclismo 6m	1,74	8,7	13,92	22,62
15	parqueo Con poste de 10 m	10,35	51,75	82,8	134,55
16	senderos secundarios 6m	1,89	9,45	15,12	24,57
17	Peatonales Poste de 15 metros por todo el cuadrante 4 y 5	61,65	308,25	493,2	801,45
18	Parqueo con poste de 15metros	14,58	72,9	116,64	189,54
	TOTAL		1445,15	1083,84	2528,99

Escenario 1

Tabla 3.9. Consumo de energía del escenario 1 de la telegestión.

Franja Horaria	Cancha general No aplica Telegestión	Peatonal, Senderos parqueo	Total kWh/Día
5:00 pm-10:00 pm	767,75	677,4	1445,15
10:00 pm-1:00 am (80%)	0	325,152	325,152
01:00 am-6:00 am (60%)	0	406,44	406,44
Total	767,75	1408,992	2176,742

Escenario 2

Tabla 3.10. Consumo de energía del escenario 2 de la telegestión.

Franja Horaria	Cancha general No aplica Telegestión	Peatonal, Senderos, parqueos	TOTAL
5:00 pm-9:00 pm (100%)	614,2	541,92	1156,12
9:00 pm-9:30 am (95%)	76,775	64,353	141,128
09:30 pm-: 10:00 pm (90%)	76,775	60,966	137,741
10:00 pm-10:30 am (85%)		57,579	57,579
10:30 pm-: 10:00 pm (80%)		54,192	54,192
10:00 pm -12:00 am (80%)		216,768	216,768
00:00 am-1:00 pm (70%)		94,836	94,836
01:00 am-2:00 pm (50%)		67,74	67,74
02:00 am-4:00 pm (40%)		108,384	108,384
04:00 am-6:00 pm (30%)		81,288	81,288
Total kWh/DÍA	767,75	1348,026	2115,776

Escenario 3

Tabla 3.11. Consumo de energía del escenario 3 de la telegestión.

Franja Horaria	Cancha general No aplica Telegestión	Peatonal, Senderos, parqueo	TOTAL
5:00 pm-6:00 pm 50 %	153,55	67,74	221,29
6:00 pm-7:00 pm 80 %	153,55	108,384	261,934
7:00 pm-7:30 pm 90 %	76,775	60,966	137,741
7:30 pm-8:00 pm 95 %	76,775	64,353	141,128
8:00 pm-9:00 pm 100 %	153,55	135,48	289,03
9:00 pm-9:30 am (95%)	76,775	64,353	141,128
09:30 pm-:10:00 pm(90%)	76,775	60,966	137,741
10:00 pm-10:30 am (85%)		57,579	57,579
10:30 pm-:10:00 pm(80%)		54,192	54,192
10:00 pm -12:00 am (80%)		216,768	216,768
00:00 am-1:00 pm(70%)		94,836	94,836
01:00 am-2:00 pm(50%)		67,74	67,74
02:00 am-4:00 pm(40%)		108,384	108,384

04:00 am-6:00 pm(30%)		81,288	81,288
Total kWh/DÍA	767,75	1243,029	2010,779

Apéndice C. Costos desglosados

Tabla 3.12. Costos por unidad y total de las luminarias a instalar con su respectiva potencia.

N°	Luminaria Tipo	Potencia	Flujo Luminoso	Cantidad	Precio Ref Unit.	Precio Ref Tot.
1	Poste	30 W	2700 lm	476	\$ 150,00	\$71.400,00
2	Poste	60 W	5500–6000 lm	151	\$290,00	\$43.790,00
3	Poste	90 W	11,700 lm	1246	\$329,00	\$409.934,00
4	Reflector	50 W	4500 lm	140	\$32,99	\$ 4.618,60
5	Reflector	125 W	13,500 lm	22	\$375,22	\$8.254,84
6	Reflector	200 W	18,000 lm	8	\$392,06	\$3.136,48
7	Reflector	300 W	28,000 lm (aprox.)	258	\$504,56	\$130.176,48
8	Reflector	400 W	78,000 lm	162	\$ 617,05	\$99.962,10
9	Reflector	600W		720	\$709,87	\$511.106,40
TOTAL SUMINISTRO DE LUMINARIAS						\$1.282.378,90

Tabla 3.13. Precios por unidad y total de la implementación de la telegestión.

Descripción	CANT	PRECIO	TOTAL
LICENCIA (10 AÑOS)	1	\$85.000,00	\$85.000,00
FOTO CELDA LUMINARIA	3183	\$150,00	\$477.450,00
Estación Base ALCANCE 16KM	1	\$21.000,00	\$21.000,00
Instalación por luminaria Mano de obra (fotocelda)	3183	\$7,00	\$22.281,00
		Total	\$605.731,00

Tabla 3.14. Precio detallado de tanto costo operativo, mano de obra e inclusión del sistema de telegestión.

Total, suministro	\$1.282.378,90
Total, Mano de obra (Montaje y Desmontaje) de luminarias (\$60 montaje y desmontaje)	\$190.980,00
Total, Recableado del Parque Samanes (Considerando \$50 por punto)	\$159.150,00
Subtotal	\$1.632.508,90
Costo Telegestión	\$605.731,00
Total, incluido Telegestión	\$2.238.239,90

Apéndice D. Resultados de simulaciones en Dialux Evo

Tabla 3.15. Tiempos de telegestión vs sin telegestión.

Comparación de tiempos de detección y reparación de fallas (Sin vs Con Telegestión)		
Etapas del proceso	Sin Telegestión (manual)	Con Telegestión (automática)
Detección de falla	1–7 días (según inspección visual o reclamo de usuario)	Inmediata (alarma generada por el software)
Notificación a cuadrilla	1–2 días adicionales (tras coordinación manual)	Inmediata (sistema centralizado emite aviso)
Asignación de técnicos	1 día (depende de disponibilidad y logística)	Integrada en la planificación automática
Tiempo de reparación	7–14 días promedio	1–3 días promedio (en casos críticos < 2 horas)
Disponibilidad del sistema	Baja (fallas prolongadas, alta percepción de inseguridad)	Alta (rápida restitución y continuidad del servicio)
Tipo de mantenimiento	Correctivo/reactivo	Preventivo y predictivo



Figura 3.10. Planimetría AutoCAD del Parque Samanes.

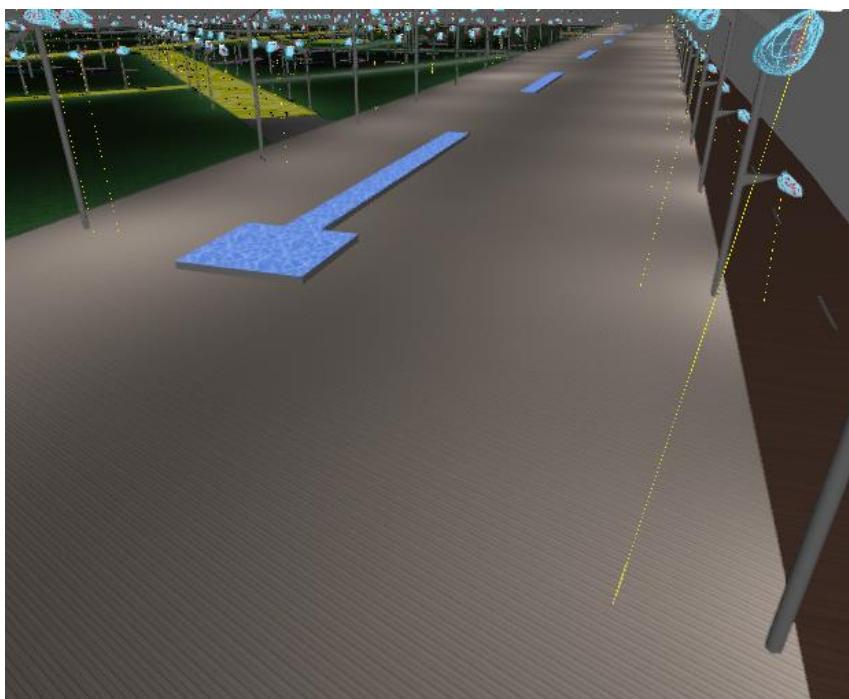


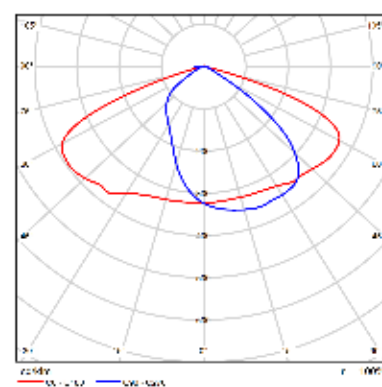
Figura 3.11. Peatonal principal área # 1.

Ficha de producto

LEDVANCE - LEDVANCE SKY 10Y PROFESSIONAL CII 90W 740



Nº de artículo	4099854149443 (7020509)
P	90.0 W
$\Phi_{\text{lámpara}}$	13050 lm
$\Phi_{\text{luminaria}}$	13052 lm
η	100.02 %
Rendimiento luminico	145.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Figura 3.12. Luminaria Ledvance de 90 W.

Product data sheet

SYLVANIA -



P	60.3 W
Φ_{Lamp}	10251 lm
$\Phi_{Luminare}$	10251 lm
η	100.00 %
Luminous efficacy	170.1 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

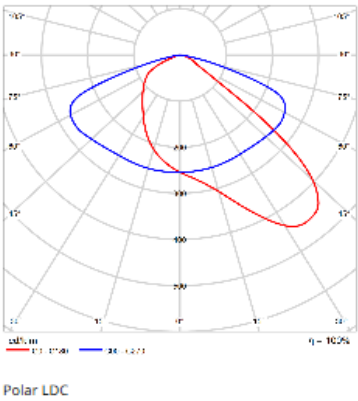


Figura 3.13. Luminaria Sylvania 60 W.

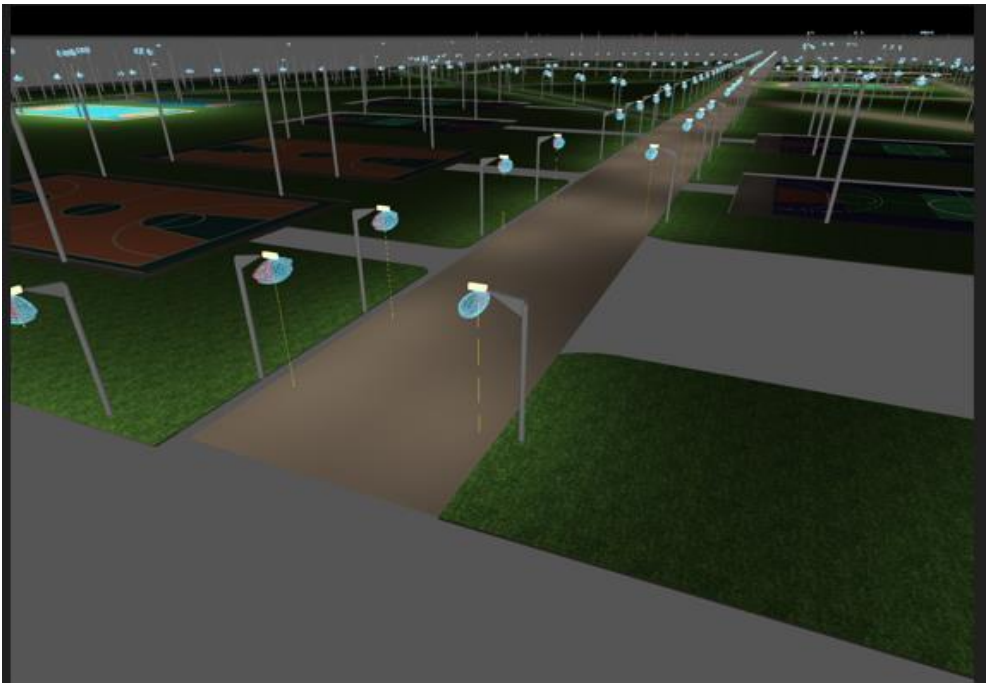


Figura 3.14. Peatonal transversal área # 1.

LEDVANCE - LEDVANCE SKY 10Y PROFESSIONAL CII 30W 740



Article No.	4099854149429 (7020507)
P	30.0 W
Φ_{Lamp}	4350 lm
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	4351 lm
η	100.02 %
Luminous efficacy	145.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

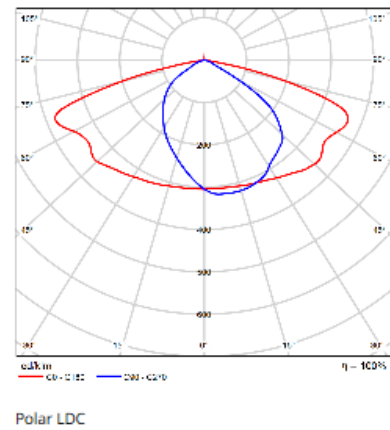


Figura 3.15. Luminaria Ledvance de 30 W.

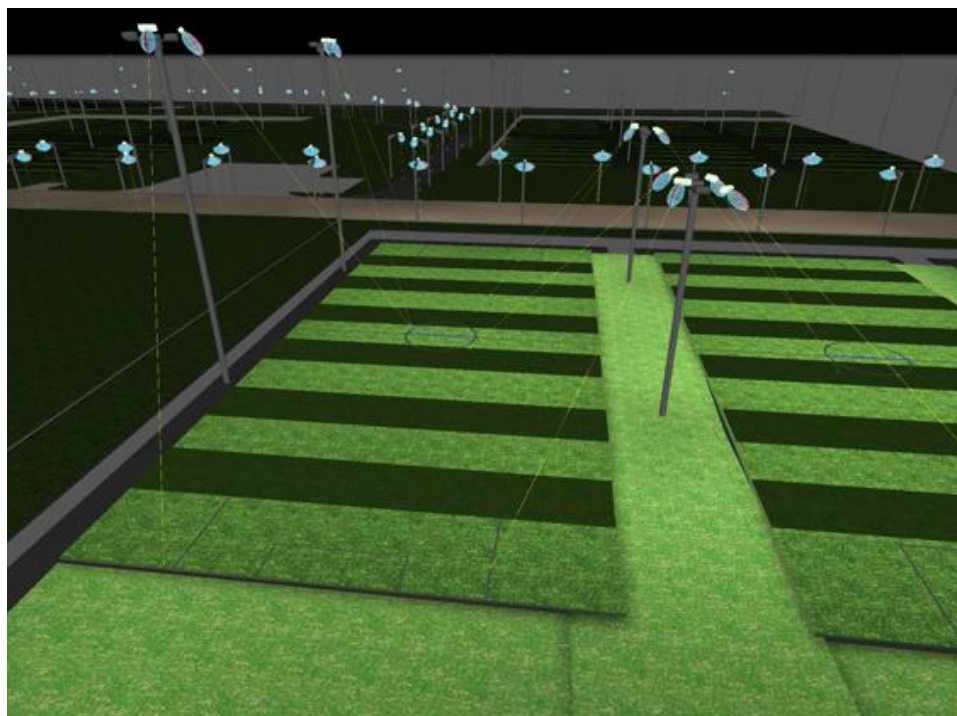
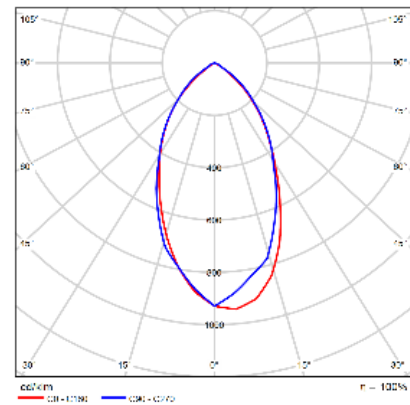


Ilustración 3.16. Cancha fútbol amateur área # 1.

LEDVANCE - LEDVANCE HIGH POWER 400W 60D



Article No.	LEDVANCE HIGH POWER 400W 60D
P	398.9 W
Φ_{Lamp}	52584 lm
$\Phi_{Luminaire}$	52727 lm
η	100.27 %
Luminous efficacy	132.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



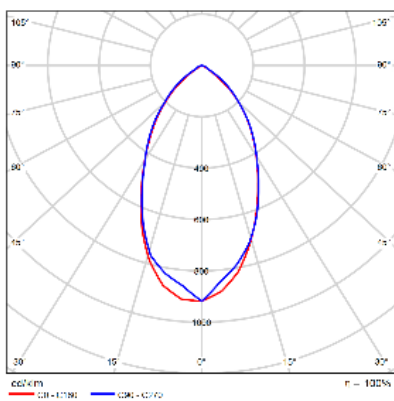
Polar LDC

Figura 3.17. Reflector Ledvance de 400 W.

LEDVANCE -



Article No.	LEDVANCE HIGH POWER 300W 60D
P	297.8 W
Φ_{Lamp}	39266 lm
$\Phi_{Luminaire}$	39359 lm
η	100.24 %
Luminous efficacy	132.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.18. Reflector Ledvance de 300 W.

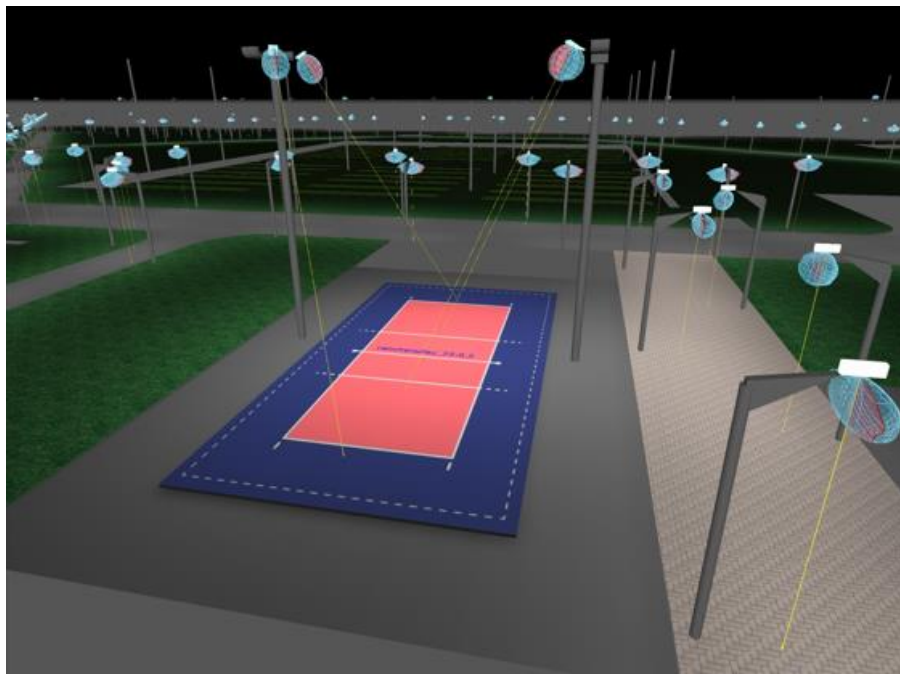
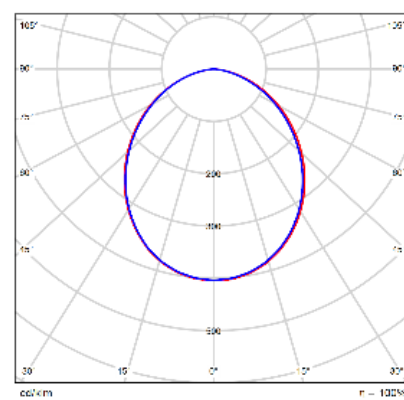


Figura 3.19. Cancha de Vóley amateur área # 1.

LEDVANCE - LEDVANCE FLOODLIGHT PFM 125W 5000K BK



Article No.	4058075430211 (7016893)
P	125.0 W
Φ_{Lamp}	15000 lm
$\Phi_{Luminaires}$	15008 lm
η	100.06 %
Luminous efficacy	120.1 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.20. Reflector Ledvance de 125 W.

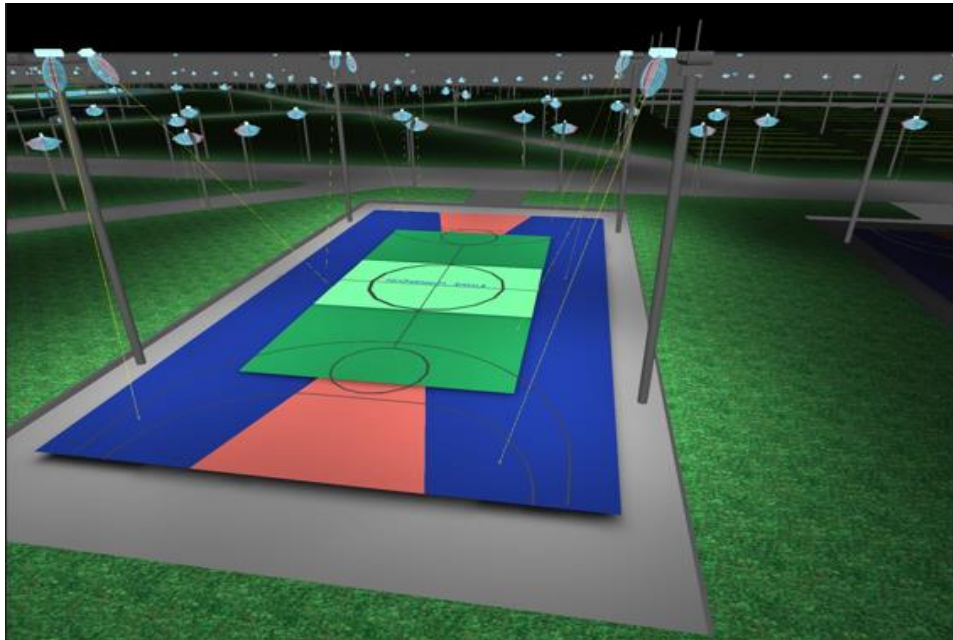
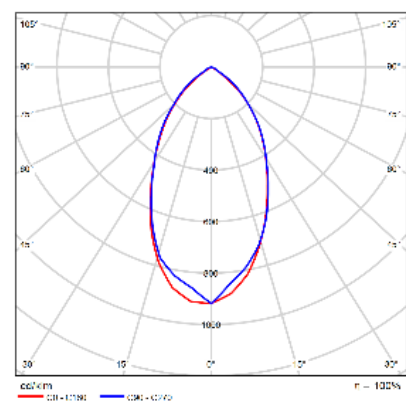


Figura 3.21. Cancha de básquet área # 1.

LEDVANCE -



Article No.	LEDVANCE HIGH POWER 300W 60D
P	297.8 W
Φ_{Lamp}	39266 lm
$\Phi_{Luminaires}$	39359 lm
η	100.24 %
Luminous efficacy	132.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.22. Luminaria Ledvance de 300 W.

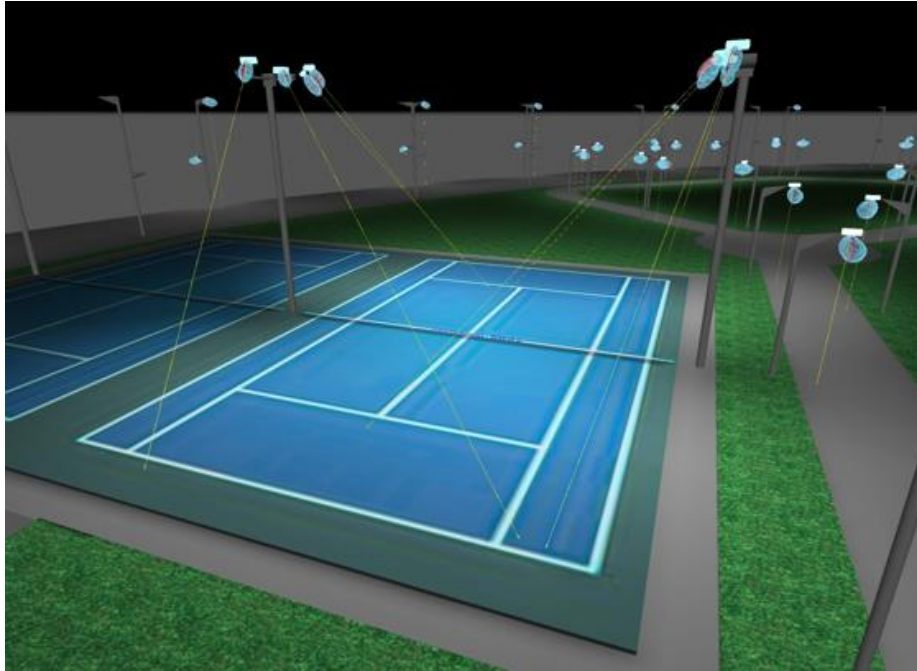
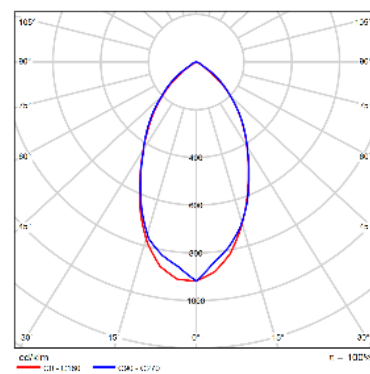


Figura 3.23. Cancha tenis área # 1.

LEDVANCE -



Article No.	LEDVANCE HIGH POWER 300W 60D
P	297.8 W
Φ_{Lamp}	39266 lm
$\Phi_{Luminaire}$	39359 lm
η	100.24 %
Luminous efficacy	132.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.24. Luminaria Ledvance de 300 W.

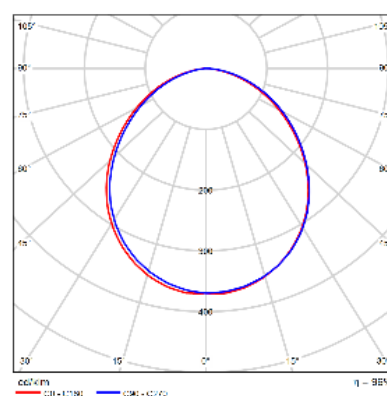


Figura 3.25. Cancha handball área # 1.

LEDVANCE - LEDVANCE FLOODLIGHT PFM 200W 4000K BK



Article No.	4058075796027 (7019319)
P	200.0 W
Φ_{Lamp}	25000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	24007 lm
η	96.03 %
Luminous efficacy	120.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.26. Luminaria Ledvance de 200 W.

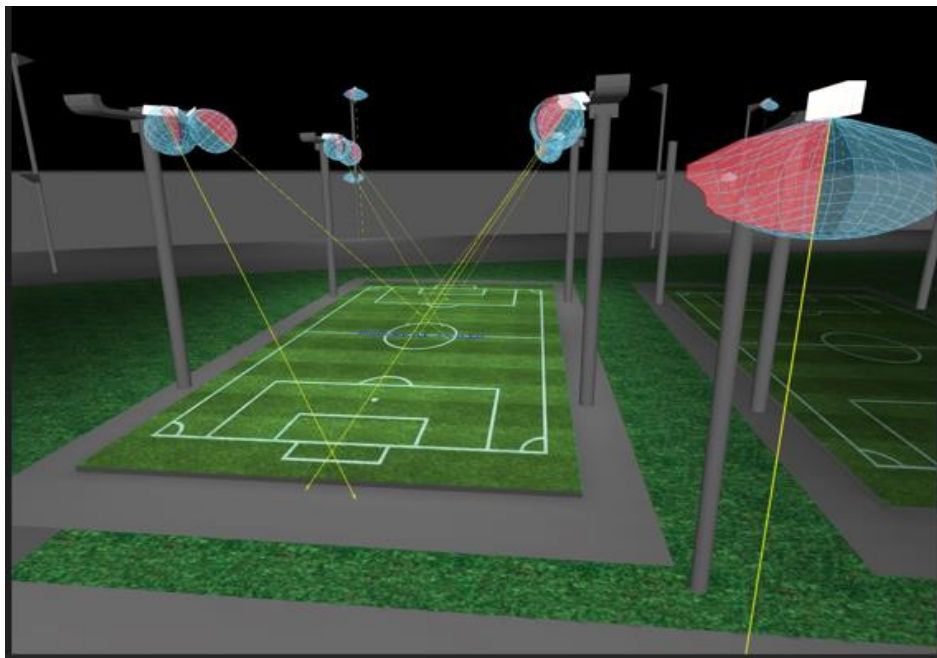


Figura 3.27. Cancha de fútbol recreacional área # 1.

LEDVANCE - LEDVANCE FLOODLIGHT PFM 50W 5000K WT



Article No.	4058075426917 (7016887)
P	50.0 W
Φ_{Lamp}	6000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	6004 lm
η	100.06 %
Luminous efficacy	120.1 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

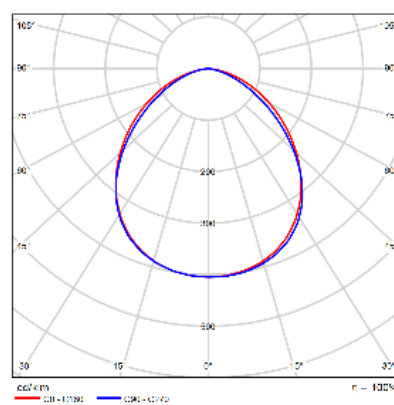


Figura 3.28. Reflector Ledvance de 50 W.

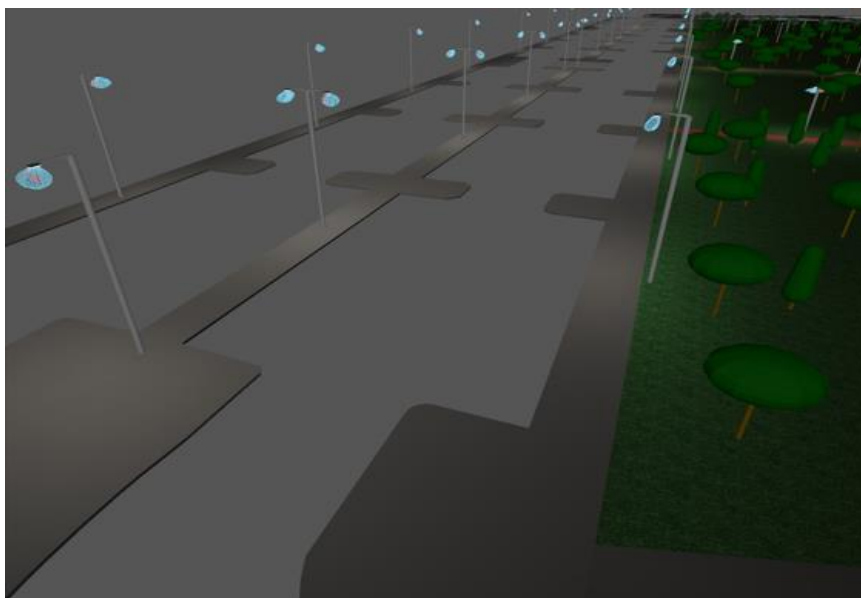


Figura 3.29. Parqueo área # 3.

LEDVANCE - LEDVANCE 90W



P	90.0 W
Φ_{Lamp}	13050 lm
$\Phi_{Luminaire}$	13050 lm
η	100.00 %
Luminous efficacy	145.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

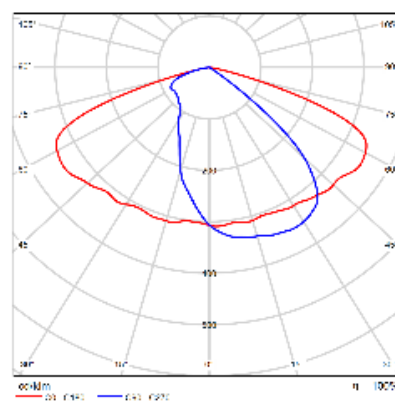


Figura 3.30. Luminaria Ledvance 90 W.

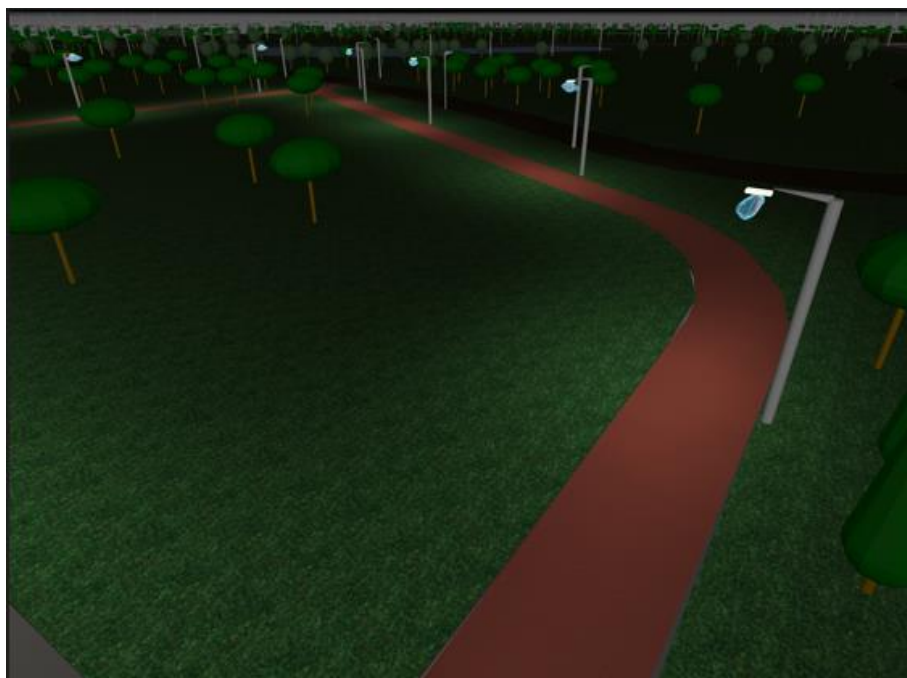


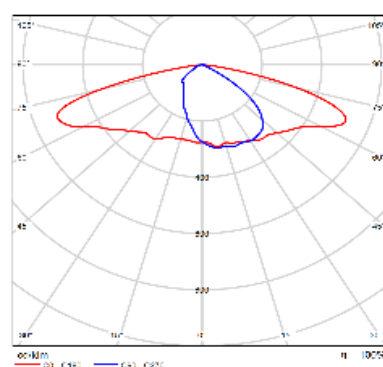
Figura 3.31. Senderos área # 3.

Product data sheet

LEDVANCE - SKY_PRO_G3_CLASS_II_30W_4000K



P	30.0 W
Φ_{lamp}	4350 lm
$\Phi_{luminaire}$	4350 lm
η	100.01 %
Luminous efficacy	145.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.32. Luminaria Sky_pro Ledvance de 30 W.

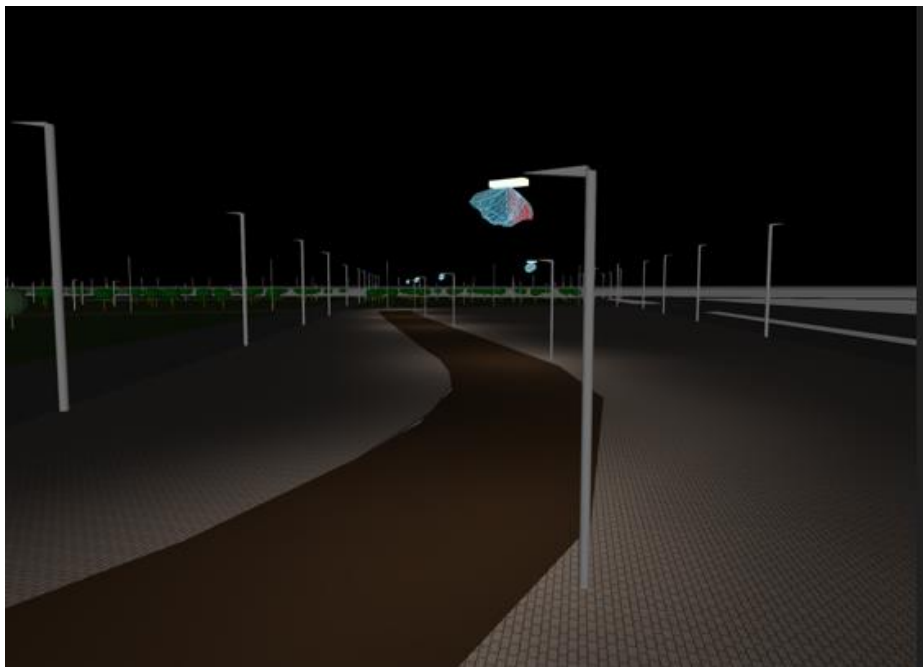


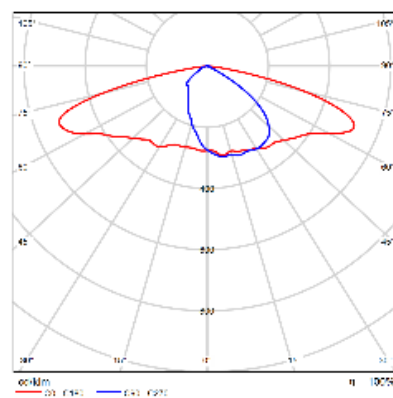
Figura 3.33. Pista de trote área # 3.

Product data sheet

LEDVANCE - SKY_PRO_G3_CLASS_II_30W_4000K



P	30.0 W
Φ_{Lamp}	4350 lm
$\Phi_{Luminaire}$	4350 lm
η	100.01 %
Luminous efficacy	145.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



Polar LDC

Figura 3.34. Luminaria Sky_pro Ledvance de 30 W.



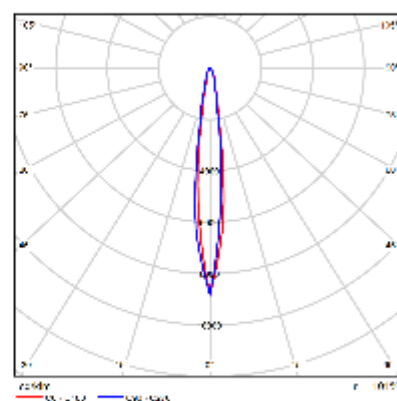
Figura 3.35. Cancha profesional área # 2.

Ficha de producto

SYLVANIA - SYLVEO SPORT LED 600W



P	605.6 W
$\Phi_{\text{lámpara}}$	97180 lm
$\Phi_{\text{luminaria}}$	98367 lm
η	101.22 %
Rendimiento luminico	162.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Figura 3.36. Luminaria Sylvania sport de 600 W.