

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Propuesta de mejoramiento de alumbrado público en el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín utilizando un sistema de telegestión

Santiago Álvarez Ortiz

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialización en Gestión de sistemas energéticos industriales

Asesor(es)

Santiago Gómez Arango

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM

Facultad de Ingenierías

Departamento de Ingeniería

Medellín, Colombia

2022

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

RESUMEN

En el siguiente Trabajo de Grado se presenta una propuesta para la implementación de tecnología LED controlada por un sistema de telegestión con el fin de potenciar la eficiencia energética del parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín. Inicialmente, se realiza una revisión bibliográfica de algunos tipos de sistemas de telegestión para alumbrado público para así conocer los beneficios que estos aportan. Posteriormente, se efectúa una evaluación general de los espacios del parque y del estado actual de su iluminación, para continuamente elaborar la propuesta de diseño de la iluminación proyectada en LED del parque y proponer la implementación de telegestión para la obtención de ahorros energéticos. Con el cambio de tecnología a LED se obtienen ahorros de un 77 por ciento, y por otro lado al implementar el sistema de telegestión a esta tecnología se da un ahorro adicional de un 20 por ciento.

Palabras clave:

Street lighting, Alumbrado público, iluminación, telemanagement, flujo luminoso, luminarias, LED.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

RECONOCIMIENTOS

Gracias inicialmente a Dios, mi familia y a Angie mi pareja por acompañarme, apoyarme y brindarme su moral para siempre dar lo mejor de mí y nunca rendirme en este proceso.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se haya realizado con éxito. En especial, a mi asesor por compartirme sus conocimientos.

Gracias a la institución ITM por aportarme tan valiosos conocimientos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

ACRÓNIMOS

CAD Diseño asistido por computador o en inglés (Computer-Aided Design)

GEI Gases de efecto invernadero

HID Alta intensidad de descarga o en inglés (High Intensity Discharge)

HPS luminarias de sodio de alta presión o en inglés (High Pressure Sodium vapor)

IRC índice de reproducción cromática

LED Diodo emisor de luz o en inglés (Light Emitting Diode)

Lm Lumen, unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso

IoT Internet de las cosas o en inglés (Internet Of Things)

MH Metal Halide

RETILAP Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	8
3. METODOLOGÍA.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	30
REFERENCIAS.....	31

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

1. INTRODUCCIÓN

El alumbrado público es un sistema que tiene un consumo de energía a nivel nacional de un tres por ciento (Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2007), esto principalmente por el tipo de luminarias que suelen ser utilizadas para este fin, las cuales son las luminarias de sodio de alta presión (HPS). La disminución en el uso progresivo de estas daría la oportunidad a tener cambios muy significativos no solo para obtener ahorros energéticos, sino que adicionalmente y no menos importante es posible reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), los costos y tiempos de mantenimientos de las luminarias y, además, brindar espacios con mejor iluminación tanto para seguridad de los conductores como para actividades de esparcimiento, recreación, deporte y cultura.

A principio de los años noventa se construyó el primer sistema de telegestión y sistemas off-line para control de las luminarias, luego de pasados años ya existían sistemas de telegestión compactos con control de luminarias on-line programados por computadores; para que finalmente se construyeran los sistemas de telegestión integrales. Para finales de los noventa, en el mercado se encontraban ya algunos sistemas de telegestión aplicados en luminarias, que aparte de ser completo, aportó confiabilidad y facilidad de operación. (Monsalve Tapias et al., 2009).

Hoy en día los dispositivos eléctricos están orientados a la tendencia del internet de las cosas (IoT), lo que conlleva a buscar la posibilidad de conectar todos los sistemas eléctricos a la red. En el ámbito del alumbrado público, las técnicas siguen este mismo esquema, de poder conectar estos dispositivos a internet y que sean controlados de forma remota, atendiendo así a aspectos económicos, ambientales y al cumplimiento de ciertos requisitos normativos. (Álvarez & Villalba, 2020).

En el presente Trabajo de Grado se plantea realizar un cambio de las luminarias HPS que se encuentran en el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín a una nueva tecnología denominada LED, esto con el fin de aportar un ahorro energético a todo el consumo de electricidad de Medellín y también, de mejorar de manera significativa la iluminación de las diferentes zonas públicas que se encuentran en el parque Antonio Nariño. Adicional a esto, se suma la necesidad de implementar un sistema de telegestión de luminarias que sea capaz de contribuir en mayor medida a los ahorros energéticos, lo cual se adquiere debido a que gracias a este sistema es posible tener información en tiempo real del estado de la luminaria, y así poder tomar decisiones respecto al momento de encendido y apagado, atenuación y

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

conectividad de estas. Asimismo, la implementación de un sistema de este tipo permite tener ventajas adicionales como la reducción de tiempo y costos de mantenimiento.

El trabajo está organizado de la siguiente manera, se encontrará el marco teórico dando como objetivo general para establecer en el proyecto la elaboración de una propuesta de iluminación de alumbrado público en el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín para aumentar la eficiencia energética, implementando un sistema de telegestión. Para el desarrollo de dicho objetivo se plantea inicialmente investigar tipos de tecnologías para sistemas de telegestión en alumbrado público de forma remota, luego realizar un levantamiento de la infraestructura existente en el parque y su urbanismo para finalmente, diseñar con programas especializados la iluminación del parque teniendo los parámetros necesarios para poder cumplir con la norma e implementar resultados con el sistema de telegestión, luego se continua con la metodología donde se presenta la elaboración de los objetivos para así finalizar con unos resultados, conclusiones y trabajos futuros de lo establecido en el presente documento.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

2. MARCO TEÓRICO

El alumbrado público es un servicio no domiciliario que es prestado en diversas partes del mundo para iluminar lugares de libre circulación los cuales incluyen vías públicas, parques y demás espacios que se encuentren a cargo de los llamados municipios, esto con el fin de permitir el desarrollo de actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural, brindar condiciones de buena seguridad a los peatones y otorgar una adecuada visibilidad a los conductores de vehículos en zonas con alta circulación peatonal (Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2007).

Tradicionalmente, las luminarias utilizadas son aquellas de descarga de alta intensidad que a pesar de que se han considerado como soluciones eficientes en comparación con sus predecesoras, al ser luminarias de base incandescente o las basadas en descargas eléctricas en gases, representan un proceso de producción de luz a alta elevación de la temperatura, lo que lleva a una alta tasa de pérdida. Además, hay elevada presencia de gases tóxicos, como lo es el mercurio (Hg) en su interior, lo que podría conllevar a contaminaciones ambientales indeseables (Nogueira et al., 2014).

Debido a la antigüedad de gran variedad de instalaciones eléctricas de alumbrado público, se presentan elevados consumos de energía lo cual se traduce a tener que suplir altos costos económicos, energéticos y de mantenimiento. También, el aprovechamiento de la energía lumínica producida por los dispositivos y los sistemas de iluminación suelen ser poco eficientes, y adicional a esto se presentan altos niveles de contaminación lumínica (Rodríguez Chaparro, 2016).

Así mismo, en Colombia fue necesario desarrollar el Programa de Seguridad Ciudadana y Prevención del Delito debido a que se estaban presentando altos índices de delincuencia, en él se consideró como objetivo específico la prevención situacional en el que se involucran diferentes acciones tales como la recuperación de vías, accesos peatonales y vehiculares incluyendo en gran medida la iluminación principalmente en zonas críticas y concentraciones urbanas, en este contexto es necesario realizar un mejoramiento considerable de la iluminación con el fin de construir y mantener nuevos espacios públicos para el esparcimiento, la recreación, el deporte y la cultura (Jasso López, 2015).

En la actualidad, del alumbrado público en la ciudad de Medellín se encuentran instaladas 151.916 luminarias con un 88 por ciento de tecnología sodio (HID), un 4 por ciento tecnologías

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	15/06/2022

Metal Halide y un 8 por ciento tecnologías LED, las cuales han aportado a través de los años buena iluminación a la ciudad. Sin embargo, se han evidenciado ciertas falencias en estas en cuanto a temas económicos y ambientales, las cuales no han permitido en su totalidad cumplir con el objetivo de un desarrollo sostenible. Durante los inicios de la implementación de la tecnología Sodio, se presentaron problemas técnicos debido al frecuente mantenimiento en el cambio de elementos eléctricos, altos periodos de limpieza, pérdidas económicas por su poca eficiencia y pérdidas eléctricas (Rodríguez Chaparro, 2016).

Por tales motivos, se hace necesario implementar un sistema moderno de iluminación en el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín; teniendo en cuenta que la tecnología a utilizar debe ser la más eficiente energéticamente y presentar un buen índice de reproducción cromática, diversas temperaturas de color y una fotometría que se ajuste a los lugares a iluminar, se escoge la tecnología LED, la cual cumple con los requisitos mínimos mencionados. Adicional a esto, se plantea utilizar un sistema de telegestión el cual permite encender y apagar los puntos de luz individualmente en cualquier momento o ajustarse si es necesario a un nivel deseado, programar mantenimientos correctivos o preventivos según el registro y control digital que se lleva de cada luminaria, tener un ahorro de energía por la posibilidad de la atenuación de luminarias variando el voltaje lo que conlleva a su vez a la reducción de emisiones de CO₂ (Rodríguez Chaparro, 2016).

El alumbrado público es el responsable del acceso a la energía en todo el mundo, aportando alrededor del 19 por ciento del uso mundial de electricidad, entre un 30 y 50 por ciento de la factura energética de una ciudad y, además es uno de los responsables de los altos niveles de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Al implementar un alumbrado público inteligente es posible obtener ciertas ventajas tales como el aumentar de la seguridad, mejorar la movilidad, mejorar la circulación en los espacios públicos al ampliar el atractivo de estos o simplemente mejorar la calidad de vida de los ciudadanos mediante un impacto masivo de la energía, ahorro y mantenimiento; agregando que se proporciona a través de conectividad de bajo costo (Pardo-Bosch et al., 2022).

Por otra parte, en la actualidad es posible encontrar en el mercado nuevas tecnologías, brindando así luminarias con mejor eficiencia energética, un mejor índice de reproducción cromática (IRC), amplia gama de temperaturas de color, menor frecuencia de mantenimiento y costos del mismo, lo que implica que la seguridad de peatones y conductores se vea altamente beneficiada. Al presentarse zonas de la ciudad que no se encuentran en condiciones aceptables de iluminación, es probable que aumente el riesgo de vandalismo en estas zonas, lo que puede

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

contribuir de una forma negativa a la economía de la comunidad, o en un escenario aún más grave, comprometer la vida de las personas.

La iluminación artificial es el área que tiene mayor potencial para obtener un incremento considerable en el ahorro energético a nivel mundial, lo cual puede traducirse al uso masivo de luminarias LED que aparte de contener cantidades insignificantes de sustancias tóxicas es capaz de aportar alrededor de un 50 por ciento de ahorro energético en iluminación interior y un 70 por ciento en iluminación exterior, lo que ha acelerado su desarrollo y utilización (Djuretic & Kostic, 2018).

En el estudio “Streetlights for Collector Roads” fue demostrado que para lograr tener una iluminación adecuada de una vía colectora se necesitan alrededor del doble de luminarias LED que de luminarias de sodio de alta presión (HPS). Sin embargo, se logró también demostrar que dichas luminarias LED consumían menos electricidad por milla que las HPS (Radetsky, 2010). Adicionalmente, un proyecto de alumbrado público que se realizó en la ciudad de Oakland, California mostró que al reemplazar las luminarias HPS por LED se obtuvo hasta un 63 por ciento en ahorro de energía. No obstante, al comparar los niveles de iluminancia diferían considerablemente, lo cual representa una carencia evidente entre tecnologías (Cook et al., 2008).

En el informe preparado por The Bureau of Street Lighting se realizó un estudio exhaustivo de luminarias LED de doce diferentes fabricantes considerando parámetros como el nivel de iluminancia, nivel de luminancia, deslumbramiento molesto, mantenimiento/ vida útil y ahorro de energía; dando así como resultado, amplias diferencias entre luminarias (City of Los Angeles Bureau of Street Lighting, 2009).

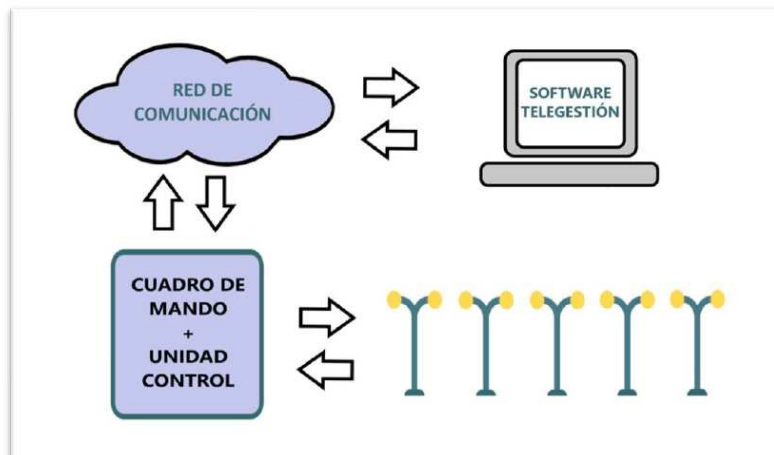
Se sugiere que para el diseño de una vía se realicen nuevos cálculos fotométricos para las luminarias LED de tal manera que se pueda obtener un ahorro energético real. Esto, debido a que se suele seleccionar las luminarias LED solo basándose en el ahorro de energía declarado por los fabricantes, lo que conlleva a utilizar parámetros fotométricos equivalentes a los anteriores (HPS); lo que a su vez da como resultado que las vías permanezcan sobre iluminadas después del cambio, y, por ende, no se obtenga un ahorro considerable (Kostic, 2016).

La telegestión del alumbrado público se basa en la comunicación de diversos dispositivos en una red común para el control y la monitorización de las luminarias, teniendo tres piezas importantes para su funcionamiento ver Figura 1 Unidad de control de alumbrado, Red de comunicación y Software de telegestión (Álvarez & Villalba, 2020).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Figura 1.

Esquema de sistema de telegestión del alumbrado público.



Nota Figura recuperada (Álvarez & Villalba, 2020).

En (Monsalve Tapias et al., 2009) se muestra un sistema de telegestión llamado Minos conformado por tres subsistemas; el sistema denominado SYRA que permite realizar un análisis de operación y conocer el estado de los equipos en las luminarias; el segundo denominado ANDROS CM que se encarga de operar puntualmente cada luminaria e identificar las posibles fallas y por último, ANDROS PL es la interfaz de análisis y toma de decisiones. Dichos elementos son controlados por un software llamado MINOS X, facilitando así la gestión y administración, permitiendo asociar un módulo cartográfico para su ubicación en tiempo real ofreciendo algunas ventajas como la posibilidad de encendido y apagado, tener un control individual de cada luminaria identificando así de manera inmediata cuando esta falla.

Posteriormente, en Ujjain, India se plantea un caso de estudio, donde se instalan cerca de 250 luminarias led de marca Voltana LED de Schreder y un sistema de telegestión llamado OWLET. Para el sistema se instala un controlador LuCo (Lumen Controller) en cada una de las luminarias y un control central SeCo (Segment Controller) para ser monitoreado a través de tecnología inalámbrica (ZigBee) teniendo así la posibilidad de encender/apagar, atenuar y reportar fallas en cualquier momento y lugar del mundo con el uso de internet. Se obtienen ahorros energéticos, reduciendo gases de efecto invernadero, mejorando la fiabilidad de la iluminación exterior y reduciendo costos de mantenimiento (smartcities council, 2016).

En (Rueda Flores, 2020) se realiza un análisis de las variables que intervienen en un sistema de iluminación, planteando así, una solución base a la tecnología de telegestión e iluminación LED

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

que contempla los mejores beneficios y es acoplado a un sistema actual. Adicionalmente, se describen tres sistemas modernos de control de luminarias, los cuales son: Sistema SMARTMATION, Sistema LUXCONTROL y Sistema Owlet IoT (Sylvania Schröder y Austube Schröder) (Rueda Flores, 2020).

En la actualidad, en la ciudad Empresas Públicas de Medellín (EPM) en unión con Excelec están en la implementación de un proyecto piloto de un sistema de telegestión para alumbrado público diseñado por Excelec teniendo la posibilidad de intervenir 4000 puntos luminosos ubicados en diferentes zonas de Medellín como parques de los barrios Belén, Cristo Rey, Boston y Calasanz; el puente Santa Madre Laura; las calles 30 y 50 (Colombia); la carrera 80, en el sector de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional; Loma de los Bernal; calle 33 entre San Diego; la carrera 80, y Las Palmas, hasta el Hotel Intercontinental, obteniendo así la posibilidad de un mejor mantenimiento pudiendo acceder en tiempo real el estado de las luminarias LED y de sodio durante su vida útil, y la posibilidad de disminuir la intensidad luminosa para así obtener ahorros energéticos considerables, el proyecto estima un ahorro del 40 por ciento del consumo de energía y adicionalmente el sistema de telegestión está pensado para adicionarle componentes electrónicos como lo son sensores de ruido, contaminación ambiental, de tránsito vehicular o peatonal, entre otros. Concluyendo así que el proyecto da un paso importante en la integración del alumbrado público a los sistemas Smart grid (sistemas de redes de distribución eléctrica inteligentes) (Martinez Arango, 2017).

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se establece como pregunta de investigación: ¿Implementar un sistema de telegestión permite mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público con tecnología LED en el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín e impactar en menor grado el medio ambiente?

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

3. METODOLOGÍA

En primer lugar, se realiza búsquedas bibliográficas acerca de las tecnologías de los sistemas de telegestión que son empleados para el alumbrado público por medio del uso de bases de datos científicas como Scopus, IEEE Xplore, Science direct y Google scholar. Las ecuaciones de búsqueda utilizadas son "public lighting" AND "remote management", lighting AND telemanagement, telegestión para alumbrado público y sistemas de telegestión. Adicionalmente, es necesario nutrir la investigación realizada con trabajos relacionados donde se explique el funcionamiento y las ventajas de un sistema de telegestión.

Para el levantamiento del sitio de interés a iluminar, se deben tener en cuenta que este debe de ser de carácter público y conformado para la realización de actividades recreativas y deportivas, además de contar con características como la presencia de áreas oscuras por falta de luminarias u obstaculización de estas que demuestren que dicho lugar presenta problemas de iluminación debido al no cumplimiento total del reglamento vigente y al uso de luminarias con tecnologías de poca eficiencia que conlleva a altos consumos de energía. Dados estos parámetros establecidos se procede al elaborar el levantamiento de la infraestructura existente utilizando softwares CAD especificando cada componente del sitio a iluminar.

Para el diseño de iluminación se hace uso de programas especializados los cuales tengan la capacidad presentar cálculos de iluminancia discriminados por áreas o superficies de cálculo. Posteriormente, elegir los equipos de iluminación ofrecidos por diversos fabricantes con eficiencias superiores a los ya implementados en el sitio de interés y con matrices fotométricas adecuadas para cada área que conforma el lugar. Con los resultados de cálculo obtenidos se procede a verificar que estos cumplan a cabalidad con lo establecido por el reglamento de iluminación vigente que aplique, adicionalmente se debe calcular el consumo de energía total.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elije el parque deportivo Antonio Nariño ubicado en el barrio San Javier No.1 comuna 13 de la ciudad de Medellín **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** debido a que cuenta con suficientes áreas para poder realizar un análisis significativo para un potencial ahorro energético del consumo de las luminarias actuales respecto a las proyectadas.

Figura 2

Vista panorámica del parque deportivo Antonio Nariño.



Nota Imagen extraída de MAPGIS5 (Alcaldía de Medellín, 2022).

Dentro de las áreas a iluminar tales como canchas, gimnasios al aire libre, parques infantiles, senderos, entre otros que pueden estar presentes en el parque es importante clasificar cada uno de ellos según su uso para establecer la iluminación que cada uno debe tener siguiendo la normativa actual. Para ello se tiene el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010) y el Manual de Procedimientos de Alumbrado Público del Municipio de Medellín (Nicolás et al., 2018), con ambos documentos se procede a dar la categorización de las zonas identificadas y posteriormente, los niveles luminotécnicos en cada una de ellas conforme a las Tabla 510.3.b Fotometría mínima en áreas

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

críticas distintas a vías vehiculares P.124 y Tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia P.170 dadas por.(MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

Una vez identificadas las áreas del parque se procede a realizar un inventario de la red eléctrica de alumbrado público en donde se puedan establecer datos como: cantidad de luminarias, postes utilizados, ubicación en plano de planta de las luminarias y tipo de luminarias. Adicionalmente, es necesario tener las distancias en terreno entre cada poste (Inter distancia) y el perímetro de cada zona, esto con ayuda de elementos de medición como el odómetro y distanciómetro, los cuales se muestran en la Figura 3 y Figura 4.

Figura 3.
Odómetro.



Nota Equipo para medición de longitudes (Mundo Herramienta, 2022).

Figura 4.
Distanciómetro



Nota Equipo para medir distancias (Mundo Herramienta, 2022)

Teniendo en cuenta las medidas obtenidas por los elementos de medición, se procede a elaborar el plano por medio de un software que permita el diseño y dibujo asistido por computadora (AutoCAD®) con cada uno de los elementos identificados en campo, se plasman de la siguiente forma:

Inicialmente, se importa una imagen satelital suministrada por la plataforma MapGis5 perteneciente al Municipio de Medellín, esta facilita la ubicación de cada luminaria existente

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

con sus respectivos rótulos de identificación y potencia, adicional se puede identificar las alturas y características de los postes de cada una de las luminarias.

Una vez descargada la imagen satelital, se procede a realizar el trazado de cada área y elementos que componen el parque conservando las medidas reales en el software AutoCAD con el fin de tener el plano para posteriormente, montarlo en el software para el diseño de iluminación. En la

Figura 5 se muestra la elaboración del plano:

Figura 5.

Elaboración del plano general



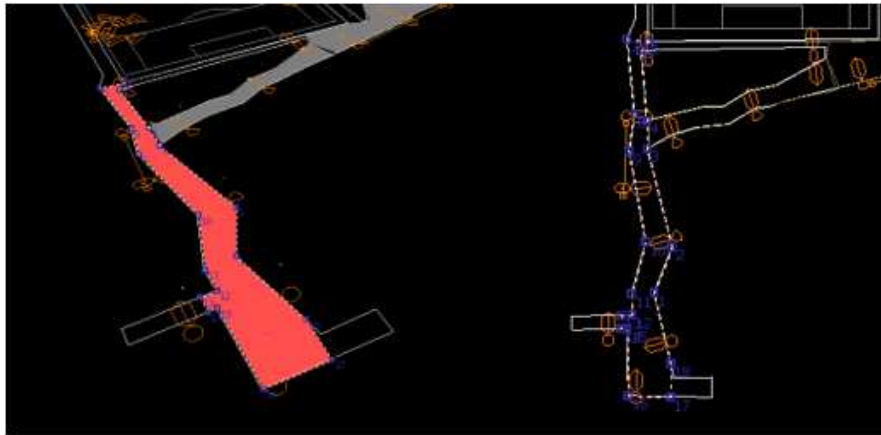
Nota Croquizado de zonas del parque (Fuente propia)

Luego de tener el plano en archivos CAD, se procede a importarlo en el software de iluminación, para así generar escenas de cálculo en cada una de las áreas, estas discriminadas por categoría de clase de iluminación como se muestra en la Figura 6. denominado Sendero peatonal 5.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Figura 6.

Elaboración de escenas de cálculo



Nota Elaboración de escenas de cálculo (Fuente propia).

Después de tener todas las escenas de cálculo, se procede a importar las matrices fotométricas de las luminarias usadas actualmente para proyectos de iluminación LED en la ciudad de Medellín, teniendo las referencias Omega II LED y Área LED del fabricante Roy Alpha, descargadas de la página oficial y ajustadas a las potencias usadas.

Tabla 1

Referencias de luminarias a usar

Referencia	Potencia (W)	Lúmenes (Lm)
Omega II	50	6954
Omega II	110	11764
Área LED II	291	33000

Nota Potencias a usar (Fuente propia)

Siendo las referencias de 50W y 110W de Omega II luminarias usadas para senderos, parques y vías vehiculares en tipos de sujeción de tubería de acero galvanizado de 1" y la referencia área LED II de 291W para iluminación de escenarios deportivos en un sistema de sujeción por crucetas horizontales.

Teniendo en cuenta las referencias a usar para el diseño de iluminación, se procede a definir cuáles serían las alturas de montaje de cada una de las luminarias y configuraciones que se

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

pueden encontrar de cada uno de los postes y brazos existentes y proyectados del parque Antonio Nariño indicados en (Nicolás et al., 2018).

Tabla 2

Tabla de altura de montaje de luminarias

Longitud del poste	Brazo o sujeción	Altura de montaje (H)
	BRAZO (1 1/2") -Largo 1.65/20° Carabobo	6.48 m
Poste 5m	BRAZO (1 1/2") -Largo/Corto 1.65/20° - 0.96/0° Carabobo	6.48 m / 4.610
	BRAZO (1 1/2") -Sencillo Largo 0.75/0° Carabobo	5.410 m
Poste 8m	BRAZO 52°/0° (1 ½") (1")	7.6 m
Poste 12m	En cruceta	10.2 m
Poste 26m	En cruceta	22.5 m

Nota Configuración de longitud del poste con tipos de brazos (Fuente propia).

Establecidas las luminarias a implementar en todo el parque teniendo en cuenta la potencia y su altura de montaje, se procede a ingresar el factor de mantenimiento que en el (Municipio de Medellín, n.d.) Indica que "EL factor de mantenimiento será superior a 0.6 e inferior a 0.85, es decir, $0.85 > FM > 0.6$ " para este caso se ingresa 0.85 ya que se determina que son luminarias nuevas. Teniendo las superficies de cálculo, fotometrías, alturas de montaje y factor de mantenimiento, se continua con la realización del diseño de iluminación de cada una de las áreas de acuerdo a criterios de diseño del diseñador para así escoger la mejor ubicación, disposición de brazos y luminarias que más le convengan a la superficie a iluminar para dar cumplimiento según lo exigido por las Tabla 510.3.b Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares P.124 y Tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia P.170 dadas por.(MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

Luego de dar cumplimiento con los parámetros mencionados, se recalculó el diseño de iluminación del parque Antonio Nariño, implementando un sistema de telegestión el cual permite atenuar el flujo luminoso en un porcentaje deseado para bajar los niveles de iluminancia promedio lo más ajustados posibles para seguir cumpliendo en la totalidad con las áreas calculadas anteriormente exigidas por el reglamento, dicha actividad es posible realizarl

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

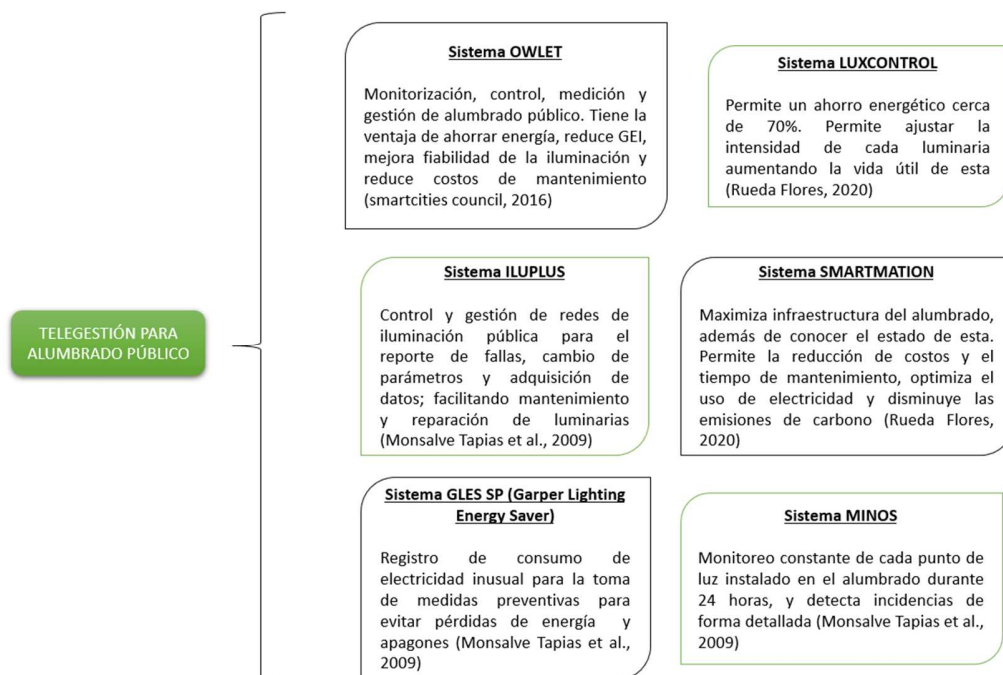
en el software de iluminación, indicándole porcentajes de atenuación ingresados en el ítem factor de corrección de cada una de las luminarias. Es importante mencionar que el sistema de telegestión y atenuación de las luminarias van a funcionar en un 100 por ciento del flujo luminoso de 6 pm a 11 pm puesto que en ese horario se presenta la mayor actividad por visitantes del parque Antonio Nariño, para luego ingresar el porcentaje de atenuación de las luminarias de los senderos peatonales y parques definidos por el cálculo. No se tiene en cuenta implementarle un sistema de atenuación de las luminarias que iluminan las canchas, ya que ellas cuentan con un control grupal para todas las canchas de Medellín, donde está programado su funcionamiento de 6 pm a 11 pm.

4.1 TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE TELEGESTIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO.

Algunas de las tecnologías de telegestión para alumbrado público consultadas por medio de las bases de datos se describen de manera general a continuación en el Diagrama 1.

Diagrama 1.

Consolidado de sistemas de telegestión para alumbrado público.



Nota Sistemas de telegestión consultados (Fuente propia)

Después de conocer las ventajas principales que cada sistema de telegestión aporta, se encuentra que coinciden en los siguientes parámetros para su control:

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

- Control del encendido y apagado remoto de la luminaria en cualquier instante
- Atenuación del flujo luminoso de las luminarias
- Reporte de fallas
- Georreferenciación de luminarias

La comparación entre cada sistema de telegestión se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Cuadro de beneficios presentados por los sistemas de telegestión

	Encendido y apagado	Atenuación	Reporte de falla	Georreferenciación
Sistema OWLET	✓	✓	✓	✓
Sistema ILUPLUS	✓	✓	✓	✓
Sistema GLES SP	✓	✓	x	x
Sistema LUXCONTROL	✓	✓	✓	✓
Sistema SMARTMATION	✓	✓	✓	✓
Sistema MINOS	✓	✓	✓	✓

Nota Comparativo sistemas de telegestión (Fuente propia).

Las tecnologías encontradas en la búsqueda bibliográfica referentes a la telegestión para alumbrado público fueron importantes para conocer cómo es su funcionamiento, características de los equipos implementados y las ventajas de cada una de ellas.

4.2 LEVANTAMIENTO DEL ESPACIO URBANÍSTICO Y SU INFRAESTRUCTURA.

En el parque Antonio Nariño de la ciudad de Medellín el cual cuenta con un área de 15.200 m², se logró identificar que dentro de esta hay diversos espacios que requieren mejorar la iluminación tales como múltiples zonas verdes y senderos peatonales, zona de juegos infantiles Figura 7, una cancha sintética Figura 8 y dos canchas múltiples recreativas Figura 9. Los espacios anteriormente mencionados, son zonas constantemente concurridas en las noches por visitantes de la comunidad para realización de actividades deportivas, lúdicas y de esparcimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Figura 7.

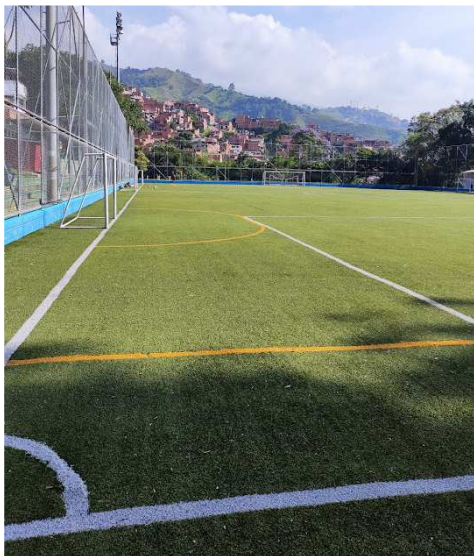
Zona de juegos infantiles parque Antonio Nariño



Nota Fotografía parque infantil (Fuente propia).

Figura 8.

Cancha sintética parque Antonio Nariño



Nota Fotografía Cancha sintética (Fuente propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Figura 9.

Canchas múltiples recreativas parque Antonio Nariño



Nota Fotografía Canchas múltiples recreativas (Fuente propia).

Posteriormente, se logra establecer la cantidad de postes, luminarias con sus potencias y longitudes tanto de las canchas como de los senderos y zonas de juegos infantiles, en la Tabla 4 y Tabla 5 se plasma dicha información:

Tabla 4
Características postes y luminarias parque Antonio Nariño

	Material	Longitud (m)	Cantidad (unidades)
Postes	Concreto	5	16
		8	23
		12	2
		26	4
	Madera	8	6
	Fibra de vidrio	8	1
		12	4
	Potencia (W)	Tecnología	Cantidad (Unidades)
Luminarias	1000	Metal	48
		Halide	
	400	Sodio	4
	250	Sodio	5
	150	Sodio	2
70	Sodio	48	

Nota Infraestructura existente en el parque Antonio Nariño (Fuente propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Tabla 5
Longitudes de zonas parque Antonio Nariño

	Longitud L x A (m)
Cancha sintética	84,5 x 49,8
Canchas múltiples recreativas	30 x 15
Zona de juegos infantiles 1	18,9 x 18,1
Zona de juegos infantiles 2	84 x 24

Nota Caracterización de las zonas del parque Antonio Nariño (Fuente propia).

De acuerdo a todas las mediciones y cantidades de infraestructura, se logra obtener evidencia de que el parque Antonio Nariño cuenta con una iluminación deficiente en algunas zonas específicas, y además se identifica que todas las luminarias existentes son de Sodio y Metal Halide, las cuales presentan considerables consumos energéticos, poca eficiencia (lm/W) y altos periodos de mantenimiento. Por lo tanto, es indispensable realizar cambios de dichas luminarias a tecnologías modernas como el LED tanto para mejorar la iluminación del sitio como para obtener menores consumos energéticos, adquiriendo cambios positivos ya que esta tecnología ofrece alta gama de temperaturas de color aportando mejoras en el índice de reproducción cromática (mejor percepción de colores).

En el plano que se logró establecer usando el Software AutoCAD mostrado en la Figura 10. es posible discriminar cada una de las zonas que componen el parque y la ubicación de los postes y luminarias existentes en este, lo cual da la información necesaria para la realización de un diseño de iluminación.

Figura 10.

Plano general del parque Antonio Nariño

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022



Nota Plano general del parque Antonio Nariño (Fuente propia).

En la Figura 10. se observa cada tipo de luminarias mostradas en la Tabla 4 utilizadas en (epm, 2011) para la realización de un plano de alumbrado público en Medellín.

Finalmente, es importante conservar las mismas ubicaciones de los postes instalados para la nueva propuesta de iluminación debido a que se debe tratar de disminuir costos al momento de la instalación.

4.3 DISEÑO EN PROGRAMA ESPECIALIZADO PARA ILUMINACIÓN DE PARQUE

Dado el cumplimiento de los anteriores objetivos, se da como resultado la realización del diseño de iluminación del parque Antonio Nariño, discriminando por secciones el parque según su uso y actividad que se practica en cada una de ellas (canchas, parques, juegos, senderos peatonales y gimnasio al aire libre), se entregan resultados dando cumplimiento a lo exigido por el RETILAP y el manual de procedimientos para alumbrado público de la ciudad de Medellín, dichos resultados son obtenidos con la ayuda del software de iluminación Dialux en su versión 4.13; en la

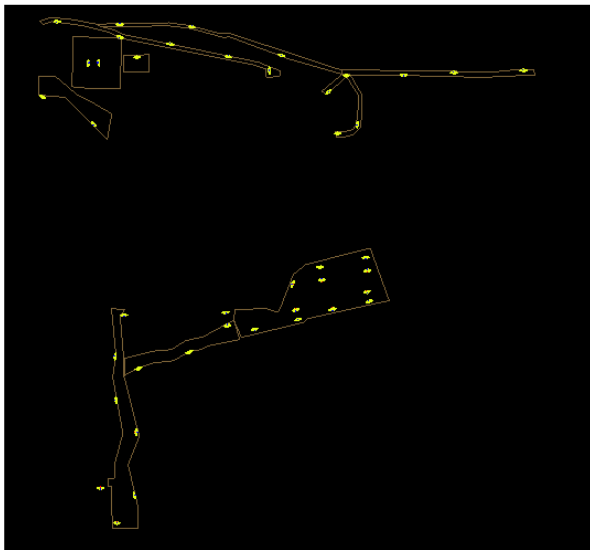
Figura 11 y *Figura 12* se pueden evidenciar los puntos luminosos y en la

Figura 13 se puede evidenciar un diagrama en colores falsos de las intensidades lumínicas aportadas por las luminarias que se han ingresado para el cálculo de cada una de las áreas.

Figura 11

Superficies de cálculo parque Antonio Nariño

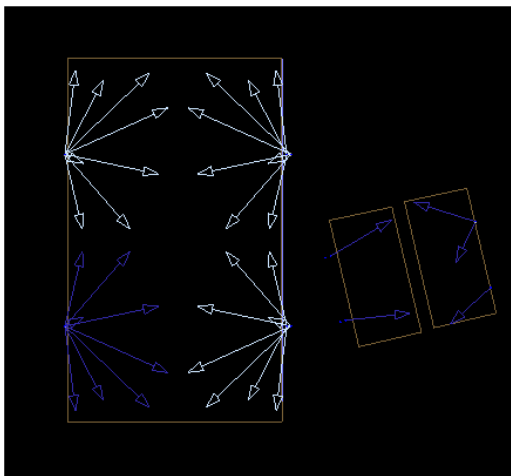
	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022



Nota Superficies de cálculo con la ubicación de las luminarias (Fuente propia)

Figura 12

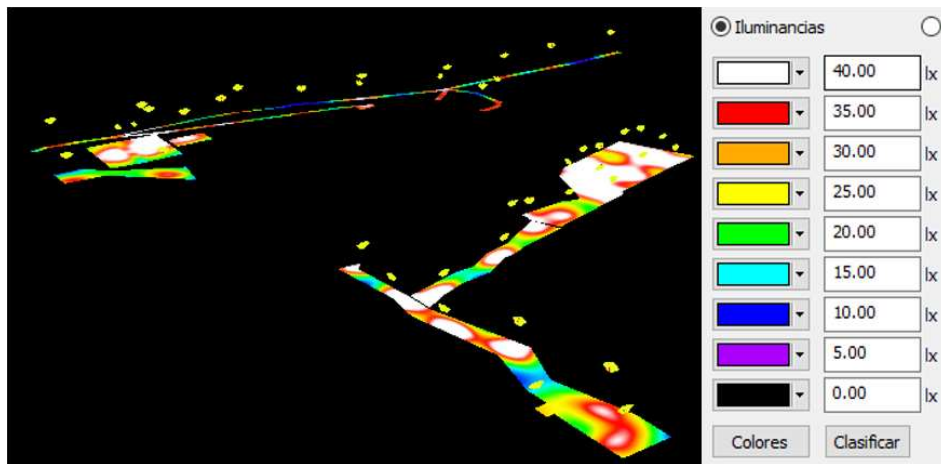
Superficies de cálculo de escenarios deportivos



Nota Plano escenarios canchas Dialux 4.13 (Fuente propia).

Figura 13

Simulación en colores falsos



Nota Grafico de colores falsos de intensidades lumínicas (Fuente propia).

Según lo enseñado anteriormente en las Tabla 510.3.b Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares P.124 y Tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia P.170 mostrados por (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010), se cumplen con los requerimientos mínimos; a continuación se plasman los resultados obtenidos en cuanto a cálculos fotométricos en la

Tabla 6.

Tabla 6

Resultados de cálculos fotométricos parque Antonio Nariño

Descripción	RETILAP	Valor de Iluminancia promedio (lx)	Valor de Iluminancia min (lx)	Valor de Iluminancia max (lx)	Uniformidad General (Uo) (Emin/Em)	Uniformidad (Emin/Emax)
Cancha sintética	MAP	142	79	208	0,556	0,3798
Cancha múltiple deportiva 1	C0	80	34	136	0,425	0,2500
Cancha múltiple deportiva 2	C0	110	48	257	0,436	0,1868
Parque infantil	C1	38	14	71	0,368	0,1972
Ingreso al parque	C3	24	11	37	0,458	0,2973
Sendero peatonal 1	C3	33	14	75	0,424	0,1867
Sendero peatonal 2	C3	25	8,77	66	0,351	0,1329
Sendero peatonal 3	C3	22	7,2	43	0,33	0,1674
Sendero peatonal 4	C3	29	11	40	0,379	0,2750
Sendero peatonal 5	C3	32	11	75	0,344	0,1467
Sendero peatonal 6	C3	35	12	72	0,343	0,1667

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO			Código	FDE 089
				Versión	04
				Fecha	15/06/2022

Parque Infantil	C1	47	19	106	0,404	0,1792
Gimnasio al aire libre	C1	34	18	43	0,529	0,4186

Nota (Fuente propia)

Con el cambio de la tecnología de sodio y MH a LED se logra un ahorro del 77% de energía justificando el ahorro energético y cumpliendo la ley 697 de 2001 y el RETILAP en el uso racional de la energía, dicha información se encuentra reflejada en la Tabla 7

Tabla 7

Ahorro energético cambio de sodio a LED

Referencia	Cantidades	Potencia + perdidas	Sub total consumo
Retirar			
Sodio 70W	48	81	3888
Sodio 150W	2	169	338
Sodio 250W	5	279	1395
Sodio 400W	4	440	1760
MH 1000W	48	1080	51840
Total, consumo (W)			59221
Proyectado en LED			
LED 50W	49	50	2450
LED110	5	110	550
LED291	37	291	10767
Total, consumo (W)			13767
Ahorro aprox (W)			45454
% Ahorro aprox			77%

Nota Ahorro del 77% con el cambio de tecnología (Fuente propia)

Adicional a los ahorros anteriormente mencionados, se procede a obtener resultados implementando un sistema de telegestión, los cuales como ya se ha mencionado tienen la capacidad de encender y apagar, reducir el flujo de las luminarias y reportar fallas. Por tal

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

motivo, se recalcula con ayuda del software Dialux 4.13 la atenuación de las luminarias en horarios específicos donde baja el tránsito de peatones, cumpliendo igualmente con los niveles luminotécnicos promedios exigidos por el reglamento. Dichos resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8

Resultados de cálculos fotométricos parque Antonio Nariño luego de atenuación

Descripción	RETILAP	Valor de Iluminancia promedio (lx)	Valor de Iluminancia min (lx)	Valor de Iluminancia max (lx)	Uniformidad General (Uo) (E _{min} /E _m)
Parque infantil	C1	33	12	64	0,364
Ingreso al parque	C3	16	6,92	24	0,433
Sendero peatonal 1	C3	21	8,47	48	0,403
Sendero peatonal 2	C3	15	5,28	42	0,352
Sendero peatonal 3	C3	15	7,42	29	0,49
Sendero peatonal 4	C3	18	6,69	27	0,372
Sendero peatonal 5	C3	19	6,38	45	0,336
Sendero peatonal 6	C3	21	7,39	43	0,352
Parque Infantil	C1	30	13	69	0,433
Gimnasio al aire libre	C1	30	14	38	0,467

Nota Resultados de cálculos después de atenuación (Fuente propia).

Estos resultados son obtenidos a partir de la atenuación de las luminarias en el Dialux ingresadas en el factor de corrección, así se da la posibilidad de reducir el flujo luminoso al porcentaje deseado. Para definir dichos porcentajes lo más ajustados posibles, se debe tener en cuenta que es importante cumplir con los niveles mínimos exigidos por el reglamento mostrados en la Tabla 510.3.b Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares P.124 y Tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia P.170 mostrados por (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010) Igualmente, se decide realizar la atenuación en horarios específicos donde el parque no es muy concurrido por personas ni hay actividades deportivas programadas, esto último debido a que el Municipio de Medellín exige que la iluminación de espacios deportivos como las canchas tengan un control de iluminación denominado Latching, el cual está programado para encender y apagar las luminarias a las 6:00 pm y 11:00 pm, respectivamente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

Con toda esta información preliminar, se procede a realizar el cálculo de ahorro energético implementando un sistema de telegestión para la atenuación de las luminarias donde se programe un funcionamiento del 100 por ciento de 6:00 pm a 11:00 pm, y luego de dicho horario se atenúan por grupo de luminarias y porcentajes diferentes de atenuación en el horario de 11:00 pm a 6:00 am, y así obtener un ahorro energético del 20 por ciento adicional. Los resultados mencionados se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9

Total, de ahorro de energía implementando atenuación de las luminarias en un horario de 11pm a 6am.

Potencia luminarias (W)	Cantidad luminarias (und)	Funcionamiento horas noche (h)	Energía consumida en la noche (Wh) POR LAS 12 HORAS	Funcionamiento las 5 horas al 100%	Energía consumida en la noche (Wh) POR 5 HORAS	Porcentaje de atenuación (%)	Funcionamiento horas con atenuación (h)	Energía consumida después de la atenuación (Wh)	Ahorro de energía (W-h) en funcionamiento	Total, de ahorro de energía (Wh)
110	2		2640		1100	10%		1386	154	
50	24		14400		6000	40%		5040	3360	
50	11	12	6600	5	2750	35%	7	2503	1348	20%
50	4		2400		1000	30%		980	420	
50	1		600		250	10%		315	35	
TOTAL			26640					TOTAL	5317	

Nota Ahorro de un 20% adicional con atenuación de luminarias (Fuente propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	04
			Fecha	15/06/2022

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Se ha logrado evidenciar que es posible obtener cambios positivos tanto económicos, ambientales y sociales; en el caso de del parque Antonio Nariño se puede aportar un ahorro energético de un 77 por ciento. Además, cada día se implementan sistemas que ayudan a optimizar mucho más el alumbrado público, facilitando así la implementación de este en diferentes lugares del mundo. La telegestión de luminarias es un sistema que ha contribuido en mayor medida a obtener verdaderos ahorros energéticos que se ha complementado con el cambio a tecnología LED.

Los sistemas de telegestión enfocados al alumbrado público tienen la característica de controlar el encendido y apagado, el reporte de fallas, la atenuación y tener la ubicación en tiempo real de las luminarias. Igualmente, tienen la particularidad de migrar un alumbrado público convencional a uno controlado de forma remota y tiene la posibilidad de aportar al medio ambiente generando disminución de GEI mediante los ahorros energéticos.

El levantamiento del parque Antonio muestra que la infraestructura existente en el sitio cuenta con 107 luminarias discriminadas por: 48 de tecnología MH y 59 de sodio, instaladas en postes y brazos de diferentes alturas y longitudes donde predominan postes de cinco y ocho metros de longitud. Asimismo, se identificaron zonas con iluminación deficiente generando un ambiente de poco tránsito de personas.

Finalmente, utilizar 91 unidades de luminarias LED haciendo uso del 73 por ciento de postes ya instalados en el sitio. Adicionalmente, implementar un sistema de telegestión capaz de solucionar problemas de eficiencia energética cumpliendo así con las normativas técnicas existentes, y enfocado a sistemas de seguridad de las ciudades. Por último, la implementación de alguno de los sistemas de telegestión mencionados en el parque Antonio Nariño con una atenuación de luminarias en diferentes porcentajes y horarios de funcionamiento se obtiene un ahorro energético aproximado del 20 por ciento.

Se propone como trabajo futuro la compra e instalación de las luminarias LED en el parque Antonio Nariño y la posibilidad de realizar el estudio para todo el sistema de alumbrado público, además elegir el sistema de telegestión a usar, teniendo en cuenta la operación del mismo, para así obtener ahorros energéticos y poder contribuir con el medio ambiente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022


REFERENCIAS

- Álvarez, M., & Villalba, J. (2020). *Estudio y comparativa de tecnologías para un sistema de telegestión de alumbrado público. Caso práctico en el municipio de Úbeda* [Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla].
https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104622/TFG-3085-ALVAREZ_VILLALBA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- City of Los Angeles Bureau of Street Lighting. (2009). *LED Equipment Evaluation Pilot Project-Phase I*.
- Cook, T., Shackelford, J., Johnson, M., & Pang, T. (2008). *Demonstration Assessment of Light Emitting Diode (LED) Street Lighting, Phase III Continuation*.
https://www.researchgate.net/publication/281625841_Demonstration_Assessment_of_Light_Emitting_Diode_LED_Street_Lighting_Phase_III_Continuation
- Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. (2007). *Alumbrado público exterior. Guía didáctica para el buen uso de la energía. Unidad de Planeación Minero Energética*.
http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf
- Djuretic, A., & Kostic, M. (2018). Actual energy savings when replacing high-pressure sodium with LED luminaires in street lighting. *Energy*, 157, 367–378.
<https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.05.179>
- epm. (2011). *PRESENTACIÓN DE PLANOS*.
https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/clientes_y_usuarios/em_presas/energia/normatividad/NormaRA0-001.pdf
- Jasso López, L. C. (2015). *Por qué la gente se siente insegura en el espacio público? México D.F.*
https://cide.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1011/684/1/000145898_documento.pdf
- Kostic, M. (2016). Opinion: The importance of developing city street lighting maps. *Lighting Research and Technology*, 48(8), 916. <https://doi.org/10.1177/1477153516681691>
- Martinez Arango, R. (2017, October 11). *Telegestión en alumbrado ahorrará 40 % de energía*.
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/obras/ahorro-de-energia-por-telegestion-en-alumbrado-JJ7469694>
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2010). *RETILAP - Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público* (pp. 1–229).
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/20729-7853.pdf>
- Monsalve Tapias, G. A., Bedoya Arboleda, J. A., & Marín Jaramillo, O. A. (2009). *TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN MEDELLÍN* [Universidad de San Buenaventura].
http://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/317/1/Telegestion_Alumbrado_Publico_Monsalve_2009.pdf
- Mundo Herramienta. (2022). *Para que Sirve un Odómetro*.
<https://www.mundoherramienta.net/blog/para-que-sirve-odometro/>
- Municipio de Medellín. (n.d.). *Anexo general*. Retrieved May 16, 2022, from
https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/Atenci


 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022

- nCiudadana1/Publicaciones/Shared Content/Documentos/2015/AnexoGeneral.pdf
- Nicolás, J., Ossa, D., Adolfo, G., Galvis, C., Ariel, E., López, P., Germán Gómez Gómez, D., Rivera Muñoz, J. E., Públicas De Medellín, E., Charry, H. G., Andrés, H., Gómez, A., Villares, A. P., Klinkert, L. M., Durango, L., & Edición, Q. (2018). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN 3 CONTENIDO*.
<https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Catastro/Publicaciones/SharedContent/Documentos/2018/ManualdeprocedimientosdeAlumbradopublico.pdf>
- Nogueira, F. J., Melo, I. D., Albuquerque, V. M., Gouveia, L. H., Casagrande, C. G., Pinto, D. P., & Braga, H. A. C. (2014). Street lighting LED luminaires using telemanagement systems: Study of case. *2014 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, IEEE INDUSCON 2014 - Electronic Proceedings*, 1–8.
<https://doi.org/10.1109/INDUSCON.2014.7059464>
- Pardo-Bosch, F., Blanco, A., Sesé, E., Ezcurra, F., & Pujadas, P. (2022). Sustainable strategy for the implementation of energy efficient smart public lighting in urban areas: case study in San Sebastian. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103454.
<https://doi.org/10.1016/J.SCS.2021.103454>
- Radetsky, L. (2010). Streetlights for Collector Roads. *NATIONAL LIGHTING PRODUCT INFORMATION PROGRAM*. www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip,
- Rodríguez Chaparro, A. M. R. (2016). *Telegestión del servicio de alumbrado público inteligente para el Parque Metropolitano El Tunal ubicado en la ciudad de Bogotá* [Universidad de La Salle].
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1131&context=ing_electrica
- Rueda Flores, J. A. (2020). *NÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN QUE PERMITA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE IBARRA, CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA EMELNORTE S.A.* [Universidad de las fuerzas armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/23116/T-ESPEL-EMI-0393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- smartcities council. (2016). *El sistema de telegestión OWLET impulsa la eficiencia energética (Ujjain allana el camino) | Consejo de Ciudades Inteligentes*.
<https://www.smartcitiescouncil.com/article/owlet-telemanagement-system-boosts-energy-efficiency-ujjain-paves-way>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	15/06/2022



FIRMA ESTUDIANTES _____



FIRMA ASESORES _____

FECHA ENTREGA: _____