

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LOS PROYECTOS DE ILUMINACIÓN PÚBLICA  
CON ENERGÍA SOLAR**

**NÉSTOR DANIEL TEJADA CALLEJAS  
DIEGO FABIAN VÉLEZ LONDOÑO  
JUAN DIEGO ZAPATA VALENCIA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2021**

**EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LOS PROYECTOS DE ILUMINACIÓN PÚBLICA  
CON ENERGÍA SOLAR**

**NÉSTOR DANIEL TEJADA CALLEJAS  
DIEGO FABIAN VÉLEZ LONDOÑO  
JUAN DIEGO ZAPATA VALENCIA**

**Trabajo de grado para optar al título de ingeniería eléctrica**

**Asesor técnico**

**Jorge Julián Cañas Sánchez**

**Ingeniero electricista**

**Especialista en alta gerencia con énfasis en calidad**

**Asesor metodológico**

**Gustavo Adolfo Tobón Pereira**

**Profesional en Psicología**

**Especialista en docencia universitaria**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2021**

## Contenido

Introducción	13
1.	14
1.1.	14
1.2.	15
2.	16
3.	17
3.1.	17
3.2.	17
4.	18
4.1.	18
4.1.1. Componentes de la iluminación pública.	18
4.1.2. Tecnologías de iluminación pública.	20
4.1.3. Comparación de las diferentes tecnologías.	22
4.2.	23
4.2.1. LED (Light Emitting Diode).	23
4.2.2. Características y usos del LED.	23
4.2.3. Clasificación de los LED.	23
4.3.	26
4.4.	28
4.4.1. Niveles de luminancia e iluminancia.	28
4.4.2. Selección de arreglo geométrico.	30
4.5.	31
4.5.1. Niveles de un sistema de telegestión.	32
4.5.2. Sistema de comunicación.	33

5.	35	
5.1.	35	
5.2.	35	
5.3.	35	
5.4.	36	
6.	37	
6.1.	37	
6.2.	39	
6.2.1.	Disposición de luminarias LED2.	42
6.3.1.	Tecnología EXEDRA.	43
6.3.2.	Tecnología Starsense.	45
7.	49	
8.	51	
9.	52	
10.	54	

## **Lista de figuras**

<i>Figura 1.</i> Componentes de una luminaria de alumbrado público	19
<i>Figura 2.</i> Fotocontrol típico de iluminación pública.	19
<i>Figura 3.</i> Balasto lámpara de sodio.	20
<i>Figura 4.</i> Sección transversal de una lámpara de vapor de mercurio.	21
<i>Figura 5.</i> Constitución de lámpara de vapor de sodio de alta presión.	21
<i>Figura 6.</i> Lámpara LED para iluminación pública.	22
<i>Figura 7.</i> Led tradicionales de colores.	24
<i>Figura 8.</i> Led de montaje superficial.	24
<i>Figura 9.</i> Led COB de múltiples acoples.	25
<i>Figura 10.</i> Led tipo DIP estándar.	26
<i>Figura 11.</i> Diferencia visual de los tipos de led.	26
<i>Figura 12.</i> Parque iluminado con tecnología LED.	27
<i>Figura 13.</i> Disposición unilateral.	30
<i>Figura 14.</i> Disposición Central doble.	31
<i>Figura 15.</i> Esquema de niveles de telegestión.	33
<i>Figura 16.</i> Consumo anual de la red eléctrica de las luminarias.	38
<i>Figura 17.</i> Iluminación tipo central doble (VSP), Carrera 48 El Bagre.	40
<i>Figura 18.</i> Iluminación tipo unilateral (LED1), Carrera 48 El Bagre.	41
<i>Figura 19.</i> Iluminación tipo unilateral (LED2), Carrera 46 El Bagre.	42
<i>Figura 20.</i> Controlador de segmento.	43
<i>Figura 21.</i> Controlador de luminaria Luco P7.	44
<i>Figura 22.</i> Interfaz de usuario para supervisar soluciones y fallos.	45
<i>Figura 23.</i> Arquitectura del sistema Owlet IOT.	45
<i>Figura 24.</i> Sistema de administración inteligente e inalámbrico de extremo a extremo.	46
<i>Figura 25.</i> Antena de comunicación DALI.	47
<i>Figura 26.</i> características de producto TIC City Touch.	48

## **Lista de tablas**

Tabla 1. <i>Característica de las bombillas.</i>	22
Tabla 2. <i>Clases de iluminación para vías vehiculares.</i>	28
Tabla 3. <i>Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.</i>	29
Tabla 4. <i>Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas.</i>	29
Tabla 5. <i>Designación aproximada de superficies en las clases típicas.</i>	30
Tabla 6. <i>Análisis de luminarias.</i>	37
Tabla 7. <i>Retorno de capital según coste de luminarias.</i>	39
Tabla 8. <i>Comparativa de diferentes tecnologías de telegestión.</i>	48

## **Lista de anexos**

Anexo A. Lámpara Vapor de Sodio a Alta Presión	54
Anexo B. Luminaria LED1.	55
Anexo C. Luminaria LED2.	56
Anexo D. Plano de iluminación instalada.	57

## **Resumen**

# **EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LOS PROYECTOS DE ILUMINACIÓN PÚBLICA CON ENERGÍA SOLAR**

**NÉSTOR DANIEL TEJADA CALLEJAS**  
**DIEGO FABIAN VÉLEZ LONDOÑO**  
**JUAN DIEGO ZAPATA VALENCIA**

En esta investigación se aborda el tema del rediseño de iluminación pública con energía solar del municipio de El Bagre, debido a que estos sistemas, presentan un desafío en cuanto a eficiencia energética, comunicación e infraestructura colectiva organizacional entre ellas mismas. Esto permite la necesidad de un desarrollo tecnológico que sea capaz de generar un ahorro energético significativo.

El objetivo principal de la investigación fue la evaluación del alumbrado público existente y el que se está implementando con tecnología LED, esto con el fin de mejorar las condiciones de trabajo que presentan diariamente. Se planteó una metodología con enfoque cualitativo, de alcance descriptivo y diseño técnico. El desarrollo de la perspectiva teórica se basará en la documentación académica, planos y descripción técnica de las luminarias del municipio de El Bagre, así como el análisis del proceso de descarga y carga de las baterías.

De acuerdo con el análisis realizado, se concluye que los procedimientos para economizar energía y conexión de estas pueden ser llevados a cabo por medio de una red tipo malla mediante las tecnologías de Wi-fi, RS232 o RS485.

*Palabras clave:* Eficiencia, energía fotovoltaica, eficiencia energética, luminarias LED, alumbrado público

**Abstract**

# **EVALUATION AND REDESIGN OF PUBLIC LIGHTING PROJECTS WITH SOLAR ENERGY**

**NÉSTOR DANIEL TEJADA CALLEJAS**

**DIEGO FABIAN VÉLEZ LONDOÑO**

**JUAN DIEGO ZAPATA VALENCIA**

This research addresses the issue of redesigning public lighting with solar energy in the municipality of El Bagre because these systems present a challenge in terms of energy efficiency, communication, and collective organizational infrastructure among themselves. This allows the need for a technological development that can generate significant energy savings.

The main objective of the research was the evaluation of the existing public lighting and the one that is being implemented with LED technology, this to improve the working conditions that they present daily. A methodology with a qualitative approach, descriptive scope and technical design was proposed. The development of the theoretical perspective will be based on the academic documentation, plans and technical description of the luminaires of the municipality of El Bagre, as well as the analysis of the process of discharging and charging the batteries.

According to the analysis carried out, it is concluded that the procedures to save energy and their connection can be carried out through a mesh type network using Wi-fi, RS232 or RS485 technologies.

*Keywords:* Efficiency, photovoltaic energy, energy efficiency, LED luminaires, public lighting

**Glosario**

**Alcance:** Característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: de alcance corto, medio o largo.

**Altura de montaje (en una vía):** Distancia vertical entre la superficie de la vía por iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.

**Balasto:** Unidad insertada en la red y una o más bombillas de descarga, la cual, por medio de inductancia o capacitancia o la combinación de inductancias y capacitancias, sirve para limitar la corriente de la(s) bombilla(s) hasta el valor requerido. El balasto puede constar de uno o más componentes.

**Bombilla o lámpara:** Término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

**Campo visual:** Lugar geométrico de todos los objetos o puntos en el espacio que pueden ser percibidos cuando la cabeza y los ojos de un observador se mantienen fijos. El campo puede ser monocular o binocular.

**Contaminación lumínica** se define como la propagación de luz artificial hacia el cielo nocturno.

**Densidad de flujo luminoso:** Cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta última está iluminada de manera uniforme.

**Deslumbramiento:** Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad.

**Difusor:** Elemento que sirve para dirigir o esparcir la luz de una fuente, principalmente por el proceso de transmisión difusa.

**Eficacia luminosa de una fuente:** Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de esta. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).

**Eficiencia de una luminaria:** Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior.

**Fotocontrol:** Dispositivo utilizado, normalmente, para conectar y desconectar en forma automática luminarias de alumbrado público en función de la variación del nivel luminoso. Los fotocontroles usados comúnmente son del tipo electromagnético y/o electrónico.

**Flujo luminoso:** Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

**Fotómetro:** Instrumento para medir las cantidades fotométricas: tales como luminancia, intensidad luminosa, flujo luminoso e iluminancia.

**Iluminación:** Acción o efecto de iluminar.

**Iluminancia:** Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

**Lumen (lm):** Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

**Luminancia:** En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada.

**Luminaria:** Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

**Reflector:** Dispositivo usado para redirigir el flujo luminoso de una fuente mediante el proceso de reflexión.

**Reflexión:** Término general para el proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie o medio desde el lado incidente sin cambios en la frecuencia.

**Tensión nominal:** Valor de la tensión de alimentación especificado por el fabricante y según el cual se determinan las condiciones de aislamiento y de funcionamiento de un equipo. Se expresa en voltios (V).

**Temperatura de color (de una fuente luminosa):** Temperatura absoluta de un cuerpo negro radiador que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz. Se mide en Kelvin (**K**).

**Vida útil (de una fuente luminosa):** Período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.

## **Introducción**

Los sistemas alumbrado público que trabajan con sistemas de paneles fotovoltaicos que se encuentran en el municipio de El Bagre, presentan un desafío tecnológico en cuanto a eficiencia energética, comunicación e infraestructura colectiva organizacional entre ellas mismas. Esto

permite la necesidad de un desarrollo que sea capaz de generar un ahorro energético significativo.

El desarrollo consiste en 3 grandes bloques en ellos se encuentran los análisis técnicos entre las luminarias existentes, luminarias LED conectadas a la red eléctrica y unas luminarias led con paneles fotovoltaicos. Distribución de estas en la instalación de la red y la mejora aplicando conceptos energéticos y de comunicación de fallas en tiempo real.

La iluminación pública tradicional generalmente está construida con luminarias de vapor de sodio, vapor de mercurio o una combinación con filamento incandescente. Este tipo de iluminación es ineficiente energéticamente, debido a su alto consumo, vida promedio baja y costes elevados de estas, comparando con el LED en el tiempo. (Benjumea Mesa, eia.edu.co, 2009).

En los sistemas de iluminación tradicionales (Públicos), no cumplen con los factores de confiabilidad y seguridad de los ciudadanos que transitan por la vía, así mismo no se cumple con las nuevas políticas de uso racional de la energía y lo dispuesto en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP) (Ministerio de minas y energía , 2016).

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1.Descripción**

La iluminación pública es un bien común que afecta no solo a nivel visual, sino, también a nivel cultural, de seguridad y apropiación de los territorios. Estas al ser de carácter comunal se

suele tenerlas muy de lado, esto debido a que se tiene la percepción de que eso debe de ir allí intrínsecamente y no se presta mucha atención si una de estas se encuentra en mal estado (luminaria huérfana), si las otras se encuentran encendidas. Solo cuando varias no encienden (teniendo en cuenta una calle), se reporta el acontecimiento.

Los sistemas de alumbrado público deben de contemplar un uso racional de la energía (URE), esto con el fin de ser energéticamente eficientes y cumplir con el marco legal. Así como minimizar los efectos ambientales (Unidad de Planeación Minero Energética, 2007).

Según la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), es importante tener muy presente los tipos de iluminación que se instalan, esto debido a estos pueden llegar a alterar el ritmo de vida de las personas, como su ciclo circadiano del sueño, frecuencia cardiaca entre otras. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos aspectos a la hora de presentar proyectos luminotécnicos de carácter público (Comisión Internacional de Iluminación , 2019).

La UPME estima que solo el 3% del consumo energético de Colombia se va a la iluminación pública, lo que equivale según el promedio de demanda energética estimada para el año 2021 un total de 2.223,51 GWh que, en costo, con la tarifa promedio de 248,42 \$/kWh (portafolio, 2022), representa la no despreciable suma de \$ 552.364 millones de pesos al año (Unidad de Planeación Minero Energética, 2007), (Valora Analitik, 2022).

Desde Antioquia se han estado generando proyectos para la iluminación led en áreas rurales y en los municipios, esto con el fin de llegar a ser el primer departamento en la implementación de territorios sostenibles y equitativos, con una inversión inicial de \$ 250,000 millones de pesos. Estos proyectos han logrado un ahorro energético en un 55%, lo cual es un gran paso a la transformación a energías alternativas (Valora Analitik, 2021).

En el municipio de El Bagre la implementación de la tecnología LED se ha visto mermada, esto debido a que este no cuenta con recursos suficientes desde la alcaldía para hacer una inversión amplia en el alumbrado público, pero esta brecha se ha acortado un poco más gracias a la intervención de la empresa de minería Mineros Aluvial S.A que ha hecho de manera gradual la

instalación de lámparas LED con sistema de panel fotovoltaico en terreno público cerca a sus instalaciones.

## **1.2. Formulación**

¿Cómo optimizar los sistemas de iluminación LED con paneles fotovoltaicos, integrándolos a un sistema inteligente que permita identificar las luminarias huérfanas?

## **2. Justificación**

Ante el desapego de lo público por parte de la sociedad colombiana, debido a su propia idiosincrasia, se le es muy indiferente si una luminaria se daña, solo cuando se presenta un altercado de orden público o algún hecho delictivo allí es cuando se reporta o se le echa la culpa a la falta de mantenimiento o disposición de las autoridades para hacerlo, resulta de especial

interés para los operadores de las luminarias conocer el estado de las mismas en todo momento, y a partir de ahí, adoptar las medidas que permitan prevenir las luminarias huérfanas, permitiendo así un monitoreo constante y eficaz de estas.

La presente investigación surge de la necesidad de darle manejo a los sistemas de iluminación público huérfanos, con el propósito de realizar una evaluación y rediseño de las luminarias existentes en el municipio de El Bagre planteando una propuesta de mejora en el sistema de monitoreo que permita la identificación de estas, permitiendo una actuación oportuna de los organismos encargados.

La investigación busca proporcionar información útil al municipio de El Bagre para mejorar los sistemas de iluminación pública y evitar que se presenten mal servicio de estas en todo el municipio.

Debido a que no se encuentra con suficientes estudios de alcance nacional sobre el fenómeno “Luminarias huérfanas”, y sus estrategias de prevención, el presente trabajo es conveniente para afianzar un mayor conocimiento sobre la ocurrencia de estos fenómenos, sus características y las necesidades de intervención.

Por otra parte, la investigación contribuye a ampliar los datos sobre las luminarias huérfanas en el municipio de El Bagre, para contrastarlos con otros estudios similares, y analizar posibles variantes y soluciones alternativas que se le puedan dar.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. General**

Realizar una evaluación y rediseño de un proyecto de iluminación pública con energía solar existente en el municipio de El Bagre Antioquia.

### **3.2. Específicos**

Realizar un análisis técnico entre las luminarias tradicionales existentes, unas luminarias LED conectadas a la red eléctrica y unas LED con paneles fotovoltaicos.

Analizar la distribución y organización de la instalación de las luminarias LED con paneles fotovoltaicos.

Plantear una propuesta de mejora para la comunicación de las luminarias huérfanas por medio de una alarma que avise del fallo de esta.

## **4. Marco teórico**

El estudio de la Iluminación Pública se ha enmarcado en los conceptos de seguridad y bienestar de las poblaciones. No obstante, para comprender como estas impactan a la población, será importante ver como esta ha evolucionado hasta el día de hoy y definir algunos conceptos del tema de estudio.

## 4.1. Iluminación pública

El alumbrado público hace parte de los servicios esenciales de la comunidad, y provee de iluminación a todos los espacios de libre circulación y uno de los principales objetivos es proporcionar condiciones de seguridad y visibilidad a cualquier actor vial. Por lo general este es administrado por el municipio de donde se localice, encargándose de su mantenimiento e instalación. Aunque en carreteras o infraestructuras viales de vital importancia esta tarea corresponderá al gobierno nacional o en su defecto a privados bajo la vigilancia del primero.

**4.1.1. Componentes de la iluminación pública.** Estos son los encargados de transformar y dirigir la luz creada por la lámpara a las zonas que se necesita iluminar, la constituyen sistemas mecánicos (poste, carcasa, etc.), eléctricos (capacitor, balasto, cables, etc.), necesarios para su funcionamiento. En la figura 1 se puede ver los componentes principales (eléctricos).

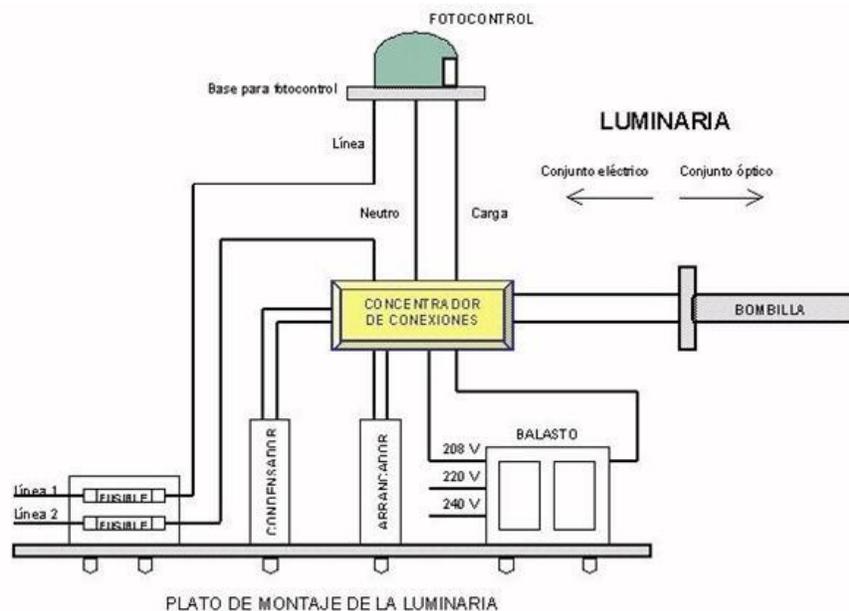
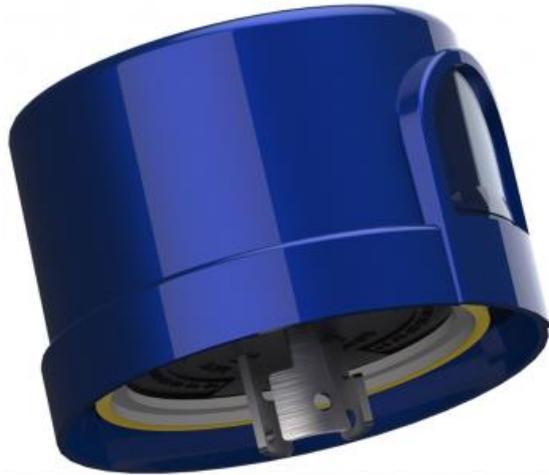


Figura 1. Componentes de una luminaria de alumbrado público

Fuente: <https://bit.ly/39asVyM>

**El fotocontrol** es el sistema que me permite encender y apagar las luminarias por medio de la verificación de luz proveniente del exterior y sus márgenes de operación están regidos bajo la norma NTC2470 (Martínez, Gómez, & Ramírez Buitrago, 2013).



*Figura 2.* Fotocontrol típico de iluminación pública.

Fuente: <https://bit.ly/37vaDHU>

**El balasto** cumple con la función de limitar la corriente de arranque, asimismo, genera una alta tensión impulsando el encendido, también cumple la función de autotransformador elevador (Gutiérrez Menéndez, Fernández Correa, & Rodríguez Domínguez, 2013).



*Figura 3.* Balasto lámpara de sodio.

Fuente: <https://bit.ly/3skURqn>

**4.1.2. Tecnologías de iluminación pública.** Desde los comienzos de la iluminación pública en el país, por el año de 1874 cuando se inaugura oficialmente en Bogotá. Se han visto pocos

cambios significativos desde 1955 con la implementación de lámparas de mercurio y sodio posteriormente. Solo hasta la llegada de los sistemas LED se ha empezado a establecer un cambio gradual y generacional con la implementación de mejoras a estos (lapatria, 2016).

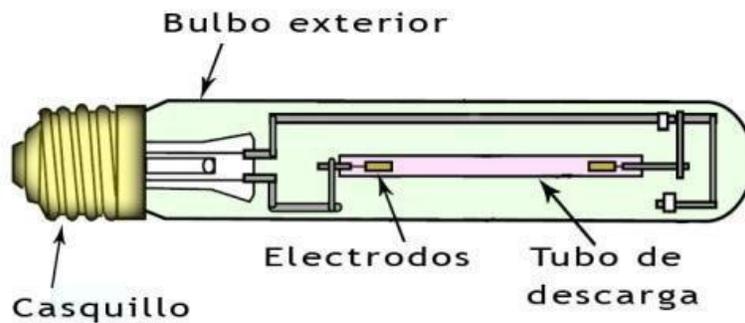
**La lámpara de vapor de mercurio de alta presión** enciende de manera lenta y gradual tardando entre tres a cuatro minutos observándose al comienzo una luz violeta a un tono blanco azulado evidenciando la vaporización del mercurio aumentando la presión, así como del flujo luminoso hasta llegar a valores nominales (Sustecún Castellanos, 2010).



*Figura 4.* Sección transversal de una lámpara de vapor de mercurio.

Fuente: <https://bit.ly/3LXpz0q>

**La lámpara de vapor de sodio de alta presión** igual que la de mercurio tienen el mismo funcionamiento general, pero estas generan unas mejores condiciones de color y temperatura, bajos costes y no es necesario un alto tiempo de enfriamiento para volver a encenderse (Benjumea Mesa, sistemamid.com, 2009).



*Figura 5.* Constitución de lámpara de vapor de sodio de alta presión.

Fuente: <https://bit.ly/3KZjTlq>

**El LED** como lámpara de servicio público se ha estado implementando en varios países en el mundo como una gran alternativa de ahorro energético. Estas poseen la peculiaridad de ser más eficientes energéticamente y durar durante más tiempo que las antes mencionadas (Labán Hajar, utp.edu.pe, 2018).



*Figura 6.* Lámpara LED para iluminación pública.

Fuente: <https://bit.ly/3ysG6W8>

**4.1.3. Comparación de las diferentes tecnologías.** Cada una de estas tecnologías brinda en gran medida la iluminación a las vías públicas, pero estas difieren mucho en cuanto a su

temperatura de color, eficacia lumínica y vida útil en la Tabla 1 podremos apreciar mejor estas diferencias (Rodas Carrero, 2016).

Tabla 1. *Característica de las bombillas.*

<b>Tipo de bombilla</b>	<b>Vida útil (horas)</b>	<b>Tiempo de encendido (minutos)</b>	<b>Color de luz</b>	<b>Uso</b>
Mercurio de alta presión	24000	4 o 5	Blanca	parques, jardines, vías secundarias, vías de barrio
Vapor de sodio	24000 a 32000	3 o 4	Amarilla	zonas peatonales, carreteras con alto flujo vehicular, autopistas
LED	50000	Inmediato	Blanca	Alumbrado público, parques, entre otros

Fuente: (Rodas Carrero, 2016)

En la iluminación pública es importante resaltar los cambios generacionales que se han estado implementando y gracias a las nuevas tecnologías se ve un gran aumento en el uso racional de la energía (URE). La eficiencia energética y cambios a energías renovables. Esto con el fin de ayudar al medio ambiente en gran medida.

## **4.2. Análisis técnico tecnología LED**

**4.2.1. LED (Light Emitting Diode).** Un led (Light Emitting Diode – diodo emisor de luz) es un dispositivo semiconductor que emite luz con diferentes longitudes de onda cuando se polariza de forma directa, circulando así corriente eléctrica por el elemento. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo (García & Medina, 2020).

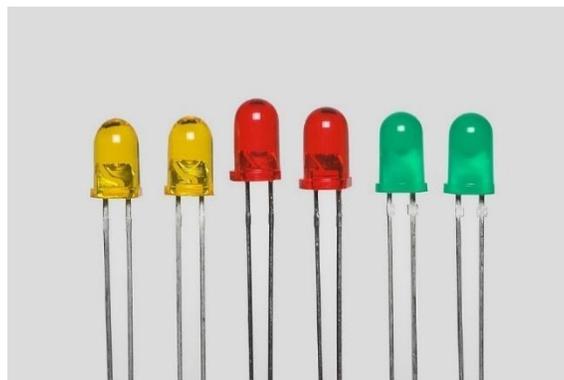
**4.2.2. Características y usos del LED.** Un led es un diodo emisor de luz, que puede ser de varios colores dependiendo del material con el cual fueron elaborados, estos pueden ser de color amarillo, verde, rojo, blanco entre otros. Las luminarias led por su modo de funcionamiento pueden convertir en luz prácticamente toda la energía que utilizan produce muy poco calor, no atraen insectos, no hay zócalos, cables o circuitos quemados, no generan carbonilla, no efectúan

parpadeos, no se afectan por los ciclos de encendido y apagado, el tiempo de encendido es muy corto, el rendimiento luminoso es alto, son ecológicos con el ambiente, entre otras características (Mendoza & Carrion, 2021).

La utilización de los leds es muy variada, entre los usos se puede mencionar: iluminación en dispositivos de señalización vial, en paneles informativos, alumbrado de pantallas de cristal líquido de teléfonos móviles, calculadoras, agendas electrónicas, equipos de computadoras (teclados, impresoras, monitores, dispositivos de encendido/apagado), linternas, relojes, juguetes con destellos de luz, fuente de luz para microscopios, aparatos de medicina en todas sus especialidades; así como también en los medios de transporte terrestre, marítimo y aéreo (Mendoza & Carrion, 2021).

**4.2.3. Clasificación de los LED.** Los led se clasifican de acuerdo con el uso que se vaya a dar a los mismos, entre estos se tienen:

**Led tradicional o primario:** Este tipo de led es el que se utiliza de forma común en la mayoría de los equipos eléctricos y/o electrónicos, ya sea como emisor o receptor de infrarrojos o como pilotos luminosos, tienen una forma redondeada o cilíndrica y pueden ser de colores rojo, verde y amarillo (Ortuño , Gallego , & Márquez , 2016).



*Figura 7.* Led tradicionales de colores.

Fuente: <https://bit.ly/3tyQMzZ>

**Led SMD (Surface Mounted Device):** Es un diodo emisor de luz de montaje en superficie, este tipo de led se encuentra encapsulado lo que proporciona una gran cantidad de luz mejorando

la calidad del led, no generan calor y su manera de instalación es colocarlos en serie sobre algún circuito impreso permitiendo crear una luminaria, este tipo de leds tienen una eficiencia lumínica muy alta en torno a los 60 Lm/W (Ortuño , Gallego , & Márquez , 2016).



*Figura 8.* Led de montaje superficial.

Fuente: <https://bit.ly/3NhIgwP>

**Led COB (Chip On Board):** Es un conjunto de leds agrupados en serie y/o paralelo dentro de un mismo encapsulado, son superiores a los leds SMD porque proporcionan un rendimiento lumínico superior a los 110 Lm/W y disipan mejor el calor (Ortuño , Gallego , & Márquez , 2016).

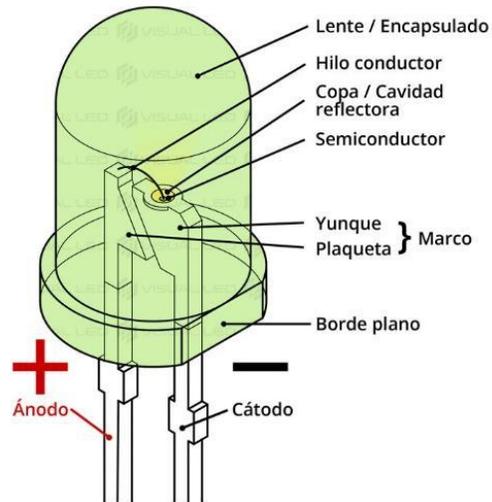


*Figura 9.* Led COB de múltiples acoples.

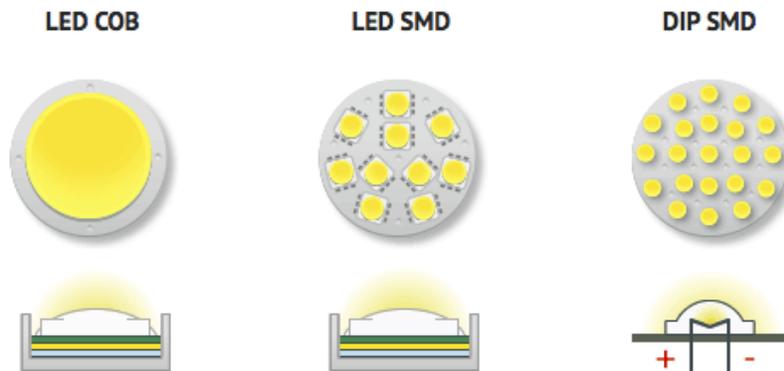
Fuente: <https://bit.ly/3L71ALI>

**Led de potencia:** Es un led de mayor consumo a partir de 1 W por led, por lo cual tienen una mayor eficiencia lumínica, estos leds requieren de una disipación térmica muy buena y son similares o superiores a los leds SMD en términos de eficiencia (Ortuño , Gallego , & Márquez , 2016).

**Led DIP dual in line package:** Este tipo de leds son leds de primera generación, siendo muy inferiores a los otros tipos de leds mencionados anteriormente, estos leds en la actualidad tienen una tecnología obsoleta ya que su potencia lumínica deja bastante que desear (Ortuño , Gallego , & Márquez , 2016).



*Figura 10.* Led tipo DIP estándar.  
Fuente: <https://bit.ly/36HsXg3>



*Figura 11.* Diferencia visual de los tipos de led.  
Fuente: <https://bit.ly/3JzMVrT>

La tecnología LED es muy versátil y dinámica, esta puede adaptarse a las necesidades de cada usuario y puede proporcionar distintos sistemas de conexión lo cual es adecuado para la iluminación pública.

#### **4.3. Aplicaciones de generación eléctrica mediante energía solar para iluminación con lámparas LED**

A nivel internacional se han realizado algunos proyectos de alumbrado público con luminarias led y energía solar fotovoltaica, la mayoría de estos proyectos se han destinado a la iluminación de sitios de recreación parques y accesos viales (Bo, Zhengming , Yingchao , Dejjia , & Liqiang , 2008).



*Figura 12.* Parque iluminado con tecnología LED.

Fuente: <https://bit.ly/39bXV1n>

Por ejemplo, Perú tiene gran experiencia en electrificación fotovoltaica y ha desarrollado varios proyectos relacionados a este tema, entre ellos se puede mencionar: la electrificación fotovoltaica en la comunidad selvática de San Francisco, el proyecto fotovoltaico “SOLSISTEMAS” implementado en el departamento de Puno; y, el proyecto de electrificación fotovoltaica para las comunidades insulares de: Taquile, Amantaní, Uros y Soto, la característica especial de este último proyecto es que, los beneficiarios están pagando los costos del kit instalado (panel solar, baterías, regulador de carga e inversor, para llegar a ser propietarios del Sistema Fotovoltaico (SFV)) (Antal & Yvonne , 2012).

Lo expuesto anteriormente permite apreciar que los gobiernos buscan diferentes opciones de utilización de la energía solar; en este contexto cabe la posibilidad que, al reemplazar el alumbrado convencional por iluminación led usando como fuente de abastecimiento los SFV, se obtenga un ahorro económico significativo, reduciendo además la cantidad de consumo energético y consecuentemente una minimización de emisiones de CO2 (Patrick , Nancy , & Semaan , 2012).

Bajo este contexto, Colombia se presenta como una nación en proceso hacia la eficiencia energética, incluyéndose dentro de este proceso la iluminación pública, por lo que, en una primera fase, la inversión inicial resultaría significativa para que luminarias con tecnología LED logren introducirse en el alumbrado público y así elevar la eficiencia de ese sistema.

#### **4.4.Diseño de iluminación pública**

Para crear un buen diseño se debe considerar ciertos factores como la visibilidad, factores económicos, estéticos, ambientales y características técnicas de los equipos. Por lo cual se debe tener un proceso adecuado el cual se divide en cuatro pasos.

Clasificación de la vía. Cada vía tiene una función específica, dependiendo de la circulación de personas, vehículos en ella, velocidad a la cual se transita, sentido de circulación etc.

Las más importantes para tener en cuenta serán la velocidad de circulación y el número de vehículos que transiten por ellas. Por lo cual si alguna vía presenta alguna de estas dos características se asignará un tipo de luminaria de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2. *Clases de iluminación para vías vehiculares.*

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

Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)

Nota: La tabla sale del RETILAP

**4.4.1. Niveles de luminancia e iluminancia.** Teniendo presente la tabla 2 y sus requerimientos, se asigna la clase de iluminación necesaria con requisitos fotométricos mínimos que se deben mantener a través del tiempo. Esto se establece en la tabla 3.

Tabla 3. *Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.*

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

Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)

Nota: La tabla sale del RETILAP

Cuando se aplique el criterio de luminancia se deberá tener en cuenta la tabla 4.

Tabla 4. *Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas.*

Clase de iluminación	Valor mínimo mantenido de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	$E_{\min} / E_{\text{prom}}$ (%)
M1	21	26	22	40%
M2	15	20	18	40%
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)

Nota: La tabla sale del RETILAP

En la tabla 5 se puede apreciar los tipos de acabados de las cuatro clases de superficie.

Tabla 5. Designación aproximada de superficies en las clases típicas.

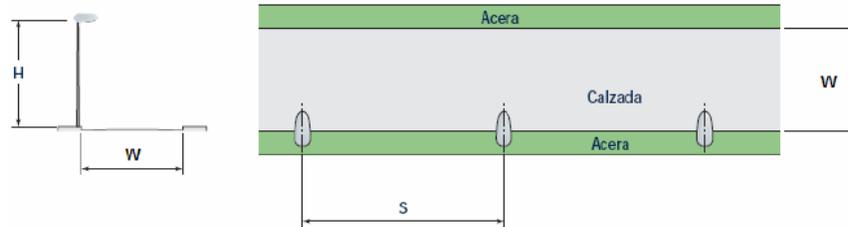
Clase	Descripción.
R1	<p>⇒Superficies de asfalto con un mínimo del 15 % de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros o al menos un 30 % de anortositas muy brillantes.</p> <p>⇒Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o de abrilladores o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes.</p> <p>⇒Superficies de calzada de hormigón de concreto.</p>
R2	<p>⇒Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales</p> <p>⇒Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de abrilladores artificiales.</p> <p>⇒Hormigón bituminoso grueso y rugoso rico en gravas (más del 60%) de tamaños iguales o mayores a 10 mm</p> <p>⇒Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo.</p>
R3	<p>⇒Revestimiento en Hormigón bituminoso (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm con textura rugosa</p> <p>⇒Superficies tratadas con textura rugosa ero pulimentada.</p>
R4	<p>⇒Asfalto mástico después de varios meses de uso</p> <p>⇒Superficies con textura bastante suave o pulimentada.</p>

Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)

Nota: La tabla sale del RETILAP

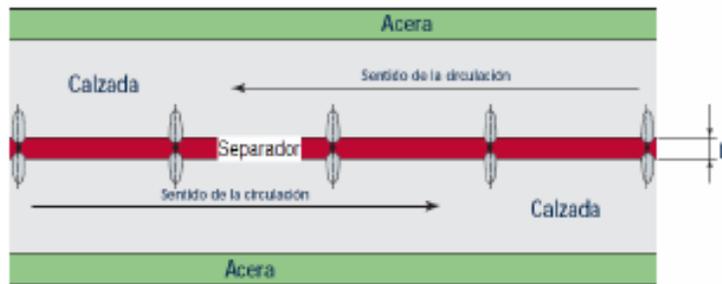
**4.4.2. Selección de arreglo geométrico.** Dependiendo del ancho de la vía se debe seleccionar el arreglo geométrico adecuado, para lo cual existen parámetros los cuales son.

**Unilateral.** Se usa cuando la disposición de las lámparas es lineal, como se muestra en la figura 13.



*Figura 13.* Disposición unilateral.  
Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)  
Nota: La tabla sale del RETILAP

**Central doble.** Se utiliza mayormente cuando en medio de dos carriles se encuentra separados por un pequeño separador de vías que no debe ser menor de 1.5m de ancho, esto se aprecia mejor en la figura 14.



*Figura 14.* Disposición Central doble.  
Fuente: (Ministerio de minas y energía , 2016)  
Nota: La tabla sale del RETILAP

Es apreciable como todos estos factores son importantes a la hora de un buen diseño de iluminación pública. Cabe destacar que es necesario leer de antemano todo el RETILAP para poder implementar bajo normativa todo el sistema de iluminación requerido para la zona a la cual se plantea hacer un proyecto luminotécnico.

## 4.5. Telegestión de alumbrado público

Los sistemas en telegestión del alumbrado público vienen implementándose desde hace algunos años, esto con el auge de las llamadas ciudades inteligentes (Smart Cities) y la necesidad de mejorar la eficiencia energética (Rodríguez Patarroyo, Cely Garzón, & Letrado Forero, 2019).

En Colombia se han generado este tipo de proyectos, pero de manera privada y a menor escala, cabe igualmente destacar el proyecto de iluminación inteligente que se generó en la ciudad de Bucaramanga, mostrando el potencial que puede tener el alumbrado inteligente (Ramírez Pinto, 2010).

**4.5.1. Niveles de un sistema de telegestión.** Estos niveles consisten en hacer una distribución concisa de los elementos a controlar, básicamente lo agrupa en nodos distribuidos que permiten controlar de manera precisa cada luminaria (Valera, 2018).

**Nivel 1 (puntos de luz)** consiste principalmente en el control individualizado de cada luminaria, reportando por medio de sistemas de comunicación fallas que se puedan presentar al punto de distribución (Suárez Acevedo, 2010).

**Nivel 2 (cuadros)** es donde se controla la información proveniente de las luminarias, encargándose de transmitir esta telegestión a la sala de control (Suárez Acevedo, 2010).

**Nivel 3 (sala de mando)** concentra la información en un puesto de operación transmitida por los centros de distribución, permitiendo tener el control y supervisión del alumbrado público en general (Suárez Acevedo, 2010).

Para poder ver de manera gráfica los niveles la figura 15 lo muestra de mejor manera.

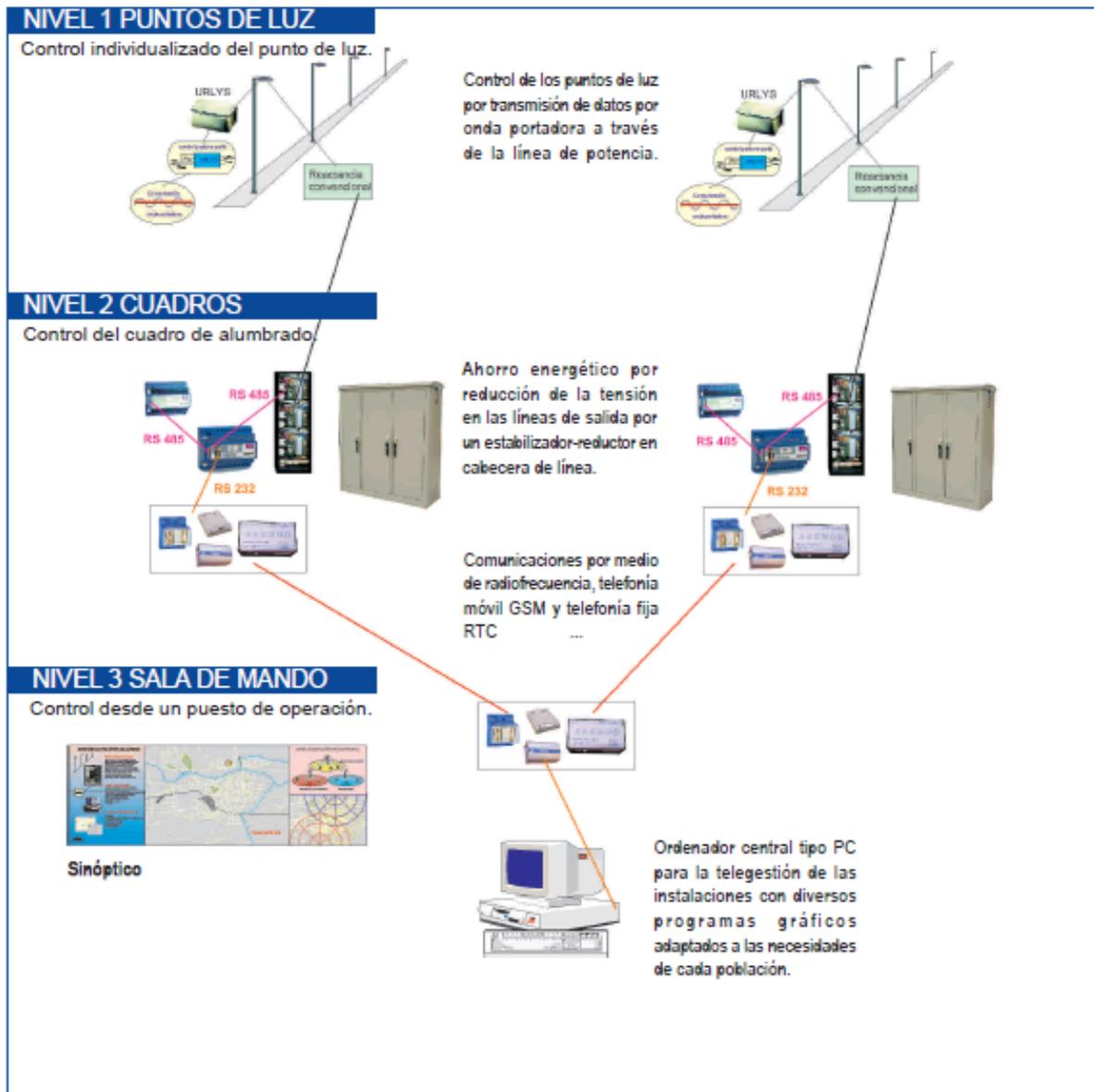


Figura 15. Esquema de niveles de telegestión.

Fuente: <https://bit.ly/3kXDjwj>

Nota: El modelo se tomó de un sistema Urbilux

**4.5.2. Sistema de comunicación.** Entre los tres niveles de telegestión se transmite información la cual permite por medio de señales inalámbricas como ondas de radio (RF), Wi-Fi, ZigBee, servicio general de paquetes vía radio (GPRS) entre otras (Rodríguez Chaparro, 2016).

La telegestión en las Smart Cities es importante para que se pueda lograr un objetivo de mejorar por medio de URE niveles bajos de consumo, mejoramiento del alumbrado público y

gestión inteligente de los recursos públicos por medio de los operadores de estos. Aunque las Smart Cities están concentradas en estos momentos en el mejoramiento del transporte público, también tienen como proyecto la interconectividad de los sistemas energéticos, tanto centralizados como no.

## **5. Metodología**

Este proyecto está con base en la investigación de los conocimientos y competencias adquiridas durante el proceso de estudio de las asignaturas vistas y aprobadas en la Institución Universitaria Pascual Bravo, entre las cuales cabe resaltar Análisis de Circuito I, II y III, automatización, máquinas eléctricas, circuitos lógicos, metodología de la investigación, energías alternativas.

El enfoque metodológico de esta investigación es de tipo cualitativo, puesto que los datos y sus características adquiridas durante el proceso no tendrán medición numérica alguna, debido a que serán más bien descripciones detalladas de situaciones, eventos, conductas observadas y sus manifestaciones.

### **5.1. Tipo de estudio**

Desarrollo de mejoras para sistemas de iluminación pública mediante paneles fotovoltaicos e iluminación LED.

### **5.2. Método**

El método va a hacer deductivo planteando actividades respecto a el análisis técnico de las luminarias existentes de forma tradicional y led, analizar su forma de distribución y plantear una mejora que permita una comunicación de estas por medio de una alarma.

### **5.3. Población y muestra**

La población de muestra será el municipio de El Bagre que posee 1733 luminarias de 80W cada una de vapor de sodio de alta presión y que por medio de la empresa Mineros S.A. se está pasando a sistemas por iluminación LED con paneles fotovoltaicos.

#### **5.4.Instrumentos de recolección de información**

Por medio de artículos científicos, trabajos de grado, artículos de revistas y videos explicativos sobre la iluminación LED en entornos públicos.

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados técnicos y económicos

Se realizó un análisis técnico y económico de los sistemas conectados en El Bagre y su consumo, comparados con fuentes de iluminación de vapor de sodio a alta presión (VSP), LED conectados a la red eléctrica (LED1) y otro con sistema LED con sistema fotovoltaico sin estar conectado a la red (LED2), siendo esta última la que se va a intervenir. En la tabla 6 se aprecia las características de cada sistema de lumínico con el cual en la figura 16 se hace un balance de costo y beneficio.

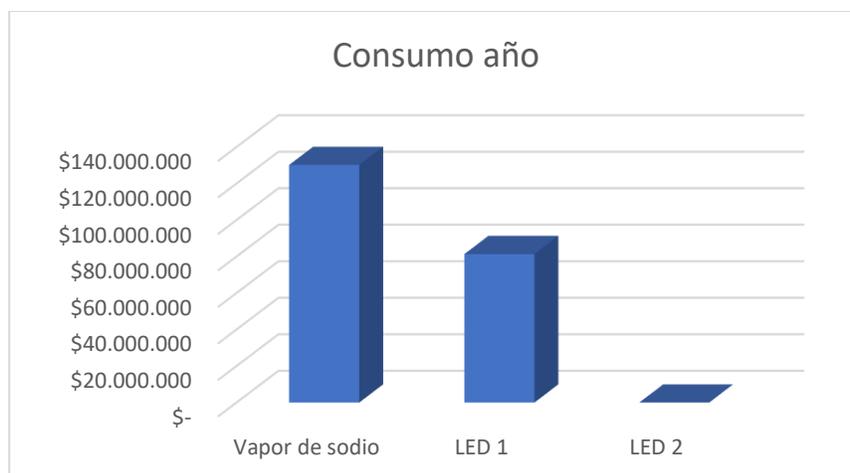
Tabla 6. *Análisis de luminarias.*

Tecnología	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Eficiencia (Lum/W)	Conectado a la red eléctrica	Tiempo encendido (Horas)	Costo de la energía (\$/kWh)	Consumo (\$/día)
Vapor de sodio	240	0,33	80	110	Si	10	260,84	209
LED 1	120 -240	0,21	50	141	Si	10	260,84	130
LED 2	12,8	3,91	50	130	No	10	0	0

Fuente: Autores

Nota: Los valores de las horas de encendido son promedios, El consumo día es aproximado por los valores de costo de energía que pueden variar en el año, la conexión del LED2 es en DC.

Las tecnologías entre los dos tipos de luminarias LED (LED1, LED2), son similares, por lo cual, tanto la potencia de trabajo es la misma lo mismo que la eficiencia. En los anexos A, B y C se pueden detallar las características técnicas más profundamente.



*Figura 16.* Consumo anual de la red eléctrica de las luminarias.

Fuente: Autores

Los consumos que se ven reflejados son los típicos con cada tecnología, Donde se puede denotar el LED2, este al no estar conectado a la red eléctrica (Por contar con panel fotovoltaico), El consumo reflejado en costes operacionales para el municipio es 0.

Estos valores se generaron con la cantidad de luminarias públicas que se encuentra actualmente en El Bagre, que son 1733. Por lo que la reducción de costos es significativo comparados con el VSP y la tecnología LED. Con un ahorro en dinero de \$ 48.819.858 (LED1) y \$ 130.186.287 (LED2), cabe destacar que estos valores son aproximados debido a múltiples variables (Costo de la energía demandada que fluctúa en el mercado energético).

Si todas estas luminarias se remplazaran (1733), El retorno de capital seria de 30 años para LED1 y de 16 años para LED2. Si bien, el retorno de inversión es a largo plazo, es posible realizar cambios graduales en toda la iluminación pública, y apoyándose de los recursos Nacionales y Departamentales con proyectos como Antioquia LED entre otras. La financiación de este cambio se vería reducido significativamente, esto se puede ver en la tabla x.

Tabla 7. *Retorno de capital según coste de luminarias.*

Tecnología	Consumo (\$/mes)	Consumo (\$/año)	Diferencia	Costo de luminaria	Reemplazar	Retorno de capital (Años)
Vapor de sodio	\$ 10.848.857	\$ 130.186.287		\$ 650.000	\$ 1.126.450.000	0
LED 1	\$ 6.780.536	\$ 81.366.430	\$ 48.819.858	\$ 850.000	\$ 1.473.050.000	30
LED 2	\$ -	\$ -	\$ 130.186.287	\$ 1.200.000	\$ 2.079.600.000	16

Fuente: Autores

Nota: La columna reemplazar se refiere al coste total de cambiar las 1733 luminarias ipso facto.

## 6.2. Caracterización de iluminación del municipio de El Bagre.

Teniendo en cuenta la distribución del alumbrado público contemplado en el RETILAP. En El Bagre, se puede encontrar típicamente 2 configuraciones la unilateral y la central doble. Esto se puede apreciar más en las figuras 17, 18 y 19.



*Figura 17.* Iluminación tipo central doble (VSP), Carrera 48 El Bagre.

Fuente: Autores

Nota: La imagen fue tomada cerca a la estación de policía de El Bagre.



*Figura 18.* Iluminación tipo unilateral (LED1), Carrera 48 El Bagre.

Fuente: Autores

Nota: Este tipo de luminaria solo se tiene en puntos muy cercanos a la empresa Mineros S.A.



*Figura 19.* Iluminación tipo unilateral (LED2), Carrera 46 El Bagre.

Fuente: Autores

Nota: Este tipo de luminaria solo se tiene en puntos muy cercanos a la empresa Mineros S.A.

**6.2.1. Disposición de luminarias LED2.** Se encuentra en dos puntos específicos de la vía (Carrera 46), Separadas por un tramo de más de 50m. Esto es debido a que se está realizando un plan piloto con dichas luminarias. Esto se puede ver en el Anexo D donde se muestran la ubicación en plano por medio de puntos rojos.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante (Anexo C) y lo contemplado en el RETILAP (sección 390 y 510), Esta distribución es ineficiente y no cumple con los estándares fotométricos necesarios para este tipo de vía (M4), por lo cual se recomienda una separación entre luminarias de no más de 10m con una configuración unilateral o bilateral opuesta alternada.

### **6.3.Comunicación entre luminarias**

Se determino que un sistema de comunicación entre iluminación LED (LED2), es necesario para evitar las denominadas “luminarias huérfanas” que puedan presentar fallos. al ser un tipo de

organización con paneles fotovoltaicos y manejar voltajes en DC, la instalación de tecnologías de telegestión es más fácil y sencilla.

Para la comunicación se tienen niveles de gestión (Ver 4.5), lo cual es importante destacar para la implementación de la tecnología. Por lo cual encontraron dos proveedores de dicha tecnología las cuales son: Schröder y Phillips.

**6.3.1. Tecnología EXEDRA.** estos sistemas son de la empresa Schröder que permiten la telegestión del alumbrado bajo estándares internacionales y de gran innovación. Para ello es necesario la conectividad de los controladores y las luminarias, esto se logra con controladores de segmento (SECO) y controladores de luminaria (OLC).

**SECO** es el vínculo entre el OLC y la interfaz web. Este tiene puede controlar hasta 150 controladores transmitiendo ajustes manuales que se hagan a ellos directamente. Registrando los datos vía ZigBee enviándoles al servidor web a través de una conexión a internet, guardando el consumo energético y facilitando el facturando con precisión. Se puede ver este sistema en la figura 20.



*Figura 20.* Controlador de segmento.

Fuente: <https://bit.ly/3wAZqOz>

**OLC** es un sistema que se monta directamente en la luminaria, En este apartado se tienen dos tecnologías, una con balasto electrónico (Luco NX) y otra con forma de fotocelda (Luco P7). Los dos son indicados para cualquier luminaria trabajando en diferentes ambientes (120-240Vac, 50/60Hz, 0-10Vdc). Este recibe las señales del SECO midiendo consumo de energía guardando valores y luego retransmitiendo. Poseen un protocolo de reloj que permite que las luminarias se enciendan incluso si no se puede acceder al sistema (Son autónomas).



*Figura 21.* Controlador de luminaria Luco P7.

Fuente: <https://bit.ly/3Nku5X8>

**El centro de control** por medio de una interfaz web con su propio servidor utilizando cualquier navegador, ya sea dispositivos fijos o móviles. Guarda los datos en MySQL recibidos del SECO generando una trazabilidad de diagnóstico oportuno a las fallas. Posee una interfaz gráfica fácil de interpretar y controlar.

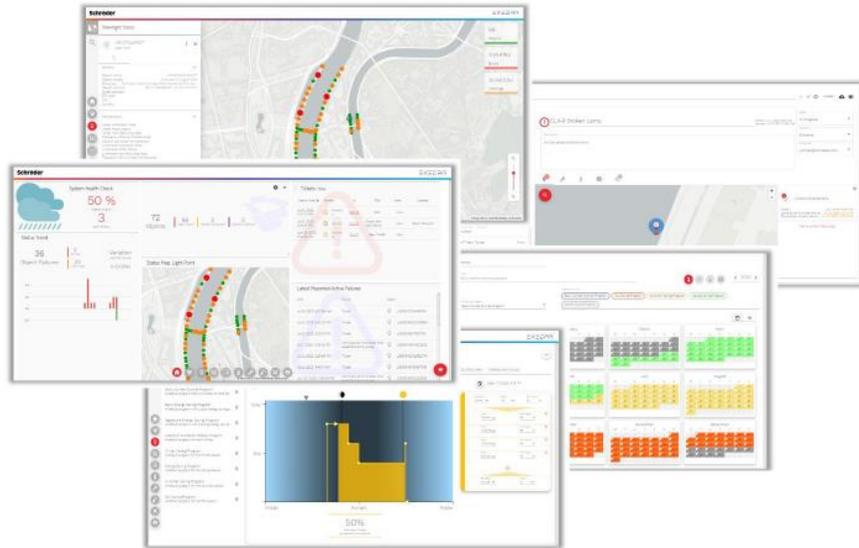


Figura 22. Interfaz de usuario para supervisar soluciones y fallos.

Fuente: <https://bit.ly/39veOnK>

En la figura 23 se puede apreciar un contexto más general del sistema de conexión de todo el sistema exedra.

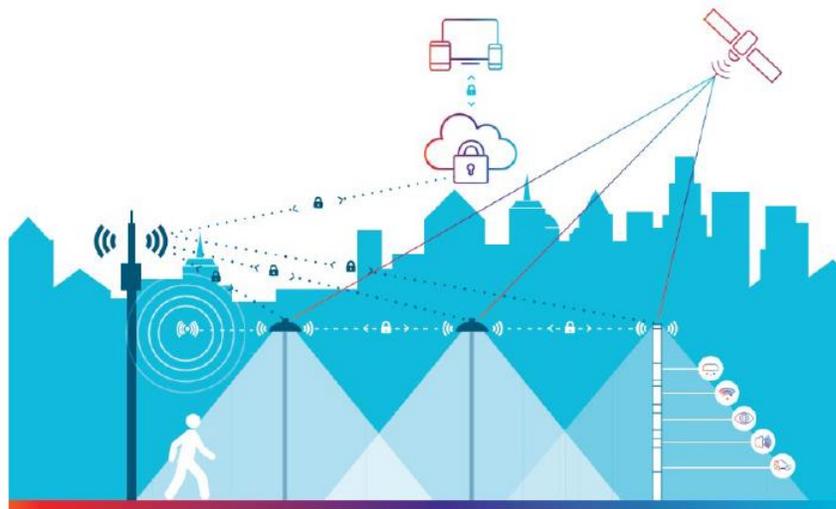


Figura 23. Arquitectura del sistema Owlet IOT.

Fuente: <https://bit.ly/39veOnK>

**6.3.2. Tecnología Starsense.** Este sistema de la empresa Phillips se caracteriza por manejar protocolos de comunicación Wireless, permitiendo la conexión inalámbrica bidireccional

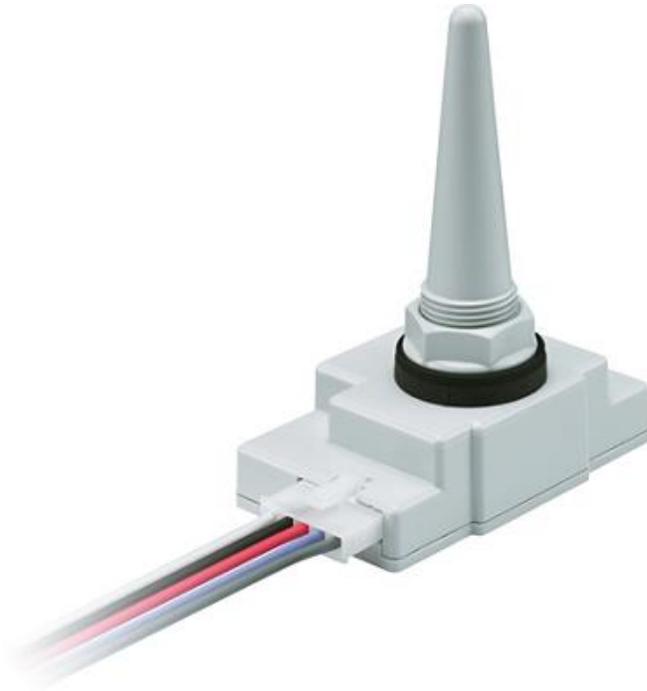
conectándose en malla. Para ello se poseen dos dispositivos los cuales son: Controlador de red (DALI) y sistema de administración (SC).

**SC** es un módulo que recibe las comunicaciones del sistema inalámbrico en las luminarias (DALI). Que permite controlar de forma remota los puntos de luz individuales y administrado mediante plataforma en línea. Estos también pueden recibir retroalimentación en tiempo real de las luminarias, lo que reduce los costos de operación y mantenimiento. Se puede ver el kit completo en la figura 24.



*Figura 24.* Sistema de administración inteligente e inalámbrico de extremo a extremo.  
Fuente: <https://bit.ly/3wrUHQc>

**DALI** es un controlador de segmento a través de la línea eléctrica utilizando señales de regulación de 1-10V. con una interfaz con un balasto electrónico y un relé para activarlo y desactivarlo. Este también puede usarse para la interconexión con otros equipos cercanos generando una malla de comunicación, parte de este dispositivo se puede ver en la figura 25.



*Figura 25. Antena de comunicación DALI.*

Fuente: <https://bit.ly/3lkxw47>

**El sistema de control** está conformado por el sistema TIC city Touch, que extrae información útil de los sistemas de control (SC), brindando un informe ayudando a reducir los gastos en mantenimiento y consumo energético. Así como mejorar los servicios de iluminación, fallos entre otras funciones como control manual. Su gran prioridad es el ahorro de energía por medio de la regulación de la luminosidad.

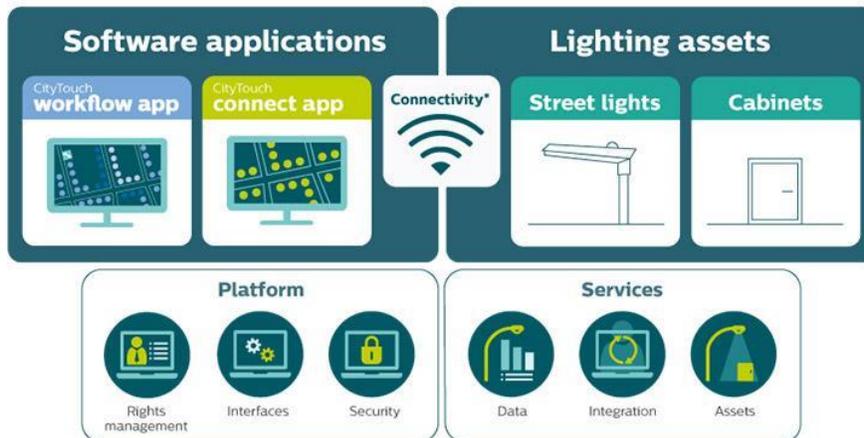


Figura 26. características de producto TIC City Touch.

Fuente: <https://bit.ly/3sLgoJ3>

Teniendo en cuenta las estructuras de los dos sistemas (Ver tabla 7). Y analizando sus características técnicas, compatibilidad ente estructuras de comunicación y demás componentes, se eligió la propuesta de comunicación que genera una mejor visualización de las fallas y sus posibles soluciones a la tecnología EXEDRA.

Tabla 8. Comparativa de diferentes tecnologías de telegestión.

Sistema tecnológico	Modular	Acepta otras plataformas	Robustes	Factor de crecimiento	Soporte técnico en el país	Multi propósitos	Tipo de conectividad
Exedra	Si	Si	Alta	Alta	Si	Si	ZigBee
Starsense	Si	Si	Media	Media	No	Si	Wireless

Fuente: Autores

## 7. Conclusiones

Para la realización de los proyectos de iluminación pública por medio de energía fotovoltaica, es necesario realizar análisis técnicos y tener en cuenta lo mencionado en la sección 210 del RETILAP, Incidencia solar e identificación de protocolos de comunicación efectiva en sitio, esto con el fin de realizar una mejor gestión de estos activos.

Con las diferentes tecnologías de iluminación de las cuales destaca el LED2 por no estar conectado a la red y por lo tanto no consumir energía eléctrica la cual beneficia al municipio, esto por dos factores importante, el cambio generacional de tecnología de iluminación (mejorando la percepción de seguridad, apropiación de lo público por la ciudadanía y costes económicos) y el ahorro económico del municipio (el cual con el dinero ahorrado, es posible invertirlo en nuevos proyectos de infraestructura que proyecten mejor al municipio.

Aunque la distribución de la tecnología LED con paneles fotovoltaicos es relativamente nueva, es importante poder tener una distribución óptima y una organización de la instalación idónea para dicho sistema generando así que no se tengan puntos muertos sin iluminación.

Partiendo de una hipótesis de que los sistemas de comunicación en el alumbrado público son complejos y difíciles de instalar y gestionar, se plantea un sistema de comunicación para las luminarias huérfanas el cual se desecha dicha hipótesis debido a que estas tecnologías han llegado a un punto de ser compatibles con múltiples sistemas, siendo fácil de instalar (plug and play).

Por lo cual el municipio de El Bagre Antioquia tiene una gran posibilidad de poder adaptar estas tecnologías (telegestión) a los sistemas ya existentes y a los proyectos de iluminación pública perimetral que está haciendo la empresa Mineros S.A. Con el apoyo de fondos departamentales propuestos para dicho fin. Teniendo ventajas como menores costos de explotación, reducción de los tiempos para la recuperación del servicio en un punto en falla, uso racional y eficiente de la energía al eliminar los puntos luminosos que se quedan permanentes en el día, elimina que los usuarios tengan que reportar los puntos luminoso fuera de servicio,

regulación de los niveles de luminosidad desde el centro de control, mejor percepción del servicio por parte de la ciudadanía, optimización de las actividades de las cuadrillas y personal técnico encargado de la reparación del sistema.

## **8. Recomendaciones**

Mejorar la normativa nacional vigente, impulsando el uso de luminarias con tecnologías nuevas y más eficientes, implementando una política de ahorro energético, generando incentivos a las empresas de distribución eléctrica y privadas.

La implementación de un nuevo alumbrado público debe estar acorde a las nuevas tecnologías incluyendo sistemas de control inteligente para obtener beneficios adicionales por el uso de las lámparas led alimentadas por paneles fotovoltaicos.

La implementación de prototipos de bajo coste, con telegestión utilizando plataformas de hardware como lo son el ESP8266.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Antal, H., & Yvonne , K. (Diciembre de 2012). *sciencedirect.com*. Obtenido de sciencedirect:  
<https://bit.ly/3qU6G6X>
- Benjumea Mesa, M. S. (10 de Octubre de 2009). *eia.edu.co*. Obtenido de  
<https://bit.ly/36MUywZ>
- Benjumea Mesa, M. S. (2009). *sistemamid.com*. Obtenido de sistemamid: <https://bit.ly/3L2L52q>
- Bo, F., Zhengming , Z., Yingchao , Z., Dejjia , Z., & Liqiang , Y. (Septiembre de 2008). *ieee.org*.  
Obtenido de iee: <https://bit.ly/3CLmhYZ>
- Bolívar Guerrero, C. F., & Giraldo Ramos, F. (2016). *udistrital*. Obtenido de Diseño e  
Implementación de un Calentador por Inducción Electromagnética para el Montaje de  
Rodamientos: <https://bit.ly/3x0R0yK>
- Comición Internacional de Iluminación . (3 de Octubre de 2019). *Cie.co.at*. Obtenido de  
<https://bit.ly/38s6tR3>
- García, C., & Medina, F. (Octubre de 2020). *scribd.com*. Obtenido de scribd:  
<https://bit.ly/3Fvpeyh>
- Gutiérrez Menéndez, A. M., Fernández Correa, A., & Rodríguez Domínguez, Y. (Marzo de  
2013). *scielo.sld.cu*. Obtenido de scielo: <https://bit.ly/3w11dHi>
- Labán Hajar, J. H. (2018). *Análisis, diseño y selección de alternativas de iluminación para  
alumbrado público con nuevas tecnologías*. Obtenido de utp.edu.pe:  
<https://bit.ly/39YoCH0>
- Labán Hajar, J. H. (2018). *utp.edu.pe*. Obtenido de utp: <https://bit.ly/3Fvaf93>
- lapatria. (15 de Julio de 2016). *lapatria.com*. Obtenido de <https://bit.ly/3FuJscO>
- Martínez, F. H., Gómez, E. J., & Ramírez Buitrago, D. (06 de Agosto de 2013). *udistrital.edu.co*.  
Obtenido de udistrital: <https://bit.ly/397UV5P>
- Mendoza , K., & Carrion, L. (Enero de 2021). *ups.edu.ec*. Obtenido de ups:  
<https://bit.ly/30DpfBe>
- Ministerio de minas y energía . (8 de Febrero de 2016). *minenergia.gov.co*. Obtenido de  
<https://bit.ly/37OZJga>
- Ortuño , M., Gallego , S., & Márquez , A. (31 de Marzo de 2016). *ua.es*. Obtenido de ua:  
<https://bit.ly/3HH8whE>

Patrick , H., Nancy , K., & Semaan , G. (Noviembre de 2012). *ieee.org*. Obtenido de ieeec:  
<https://bit.ly/3FtYgY0>

portafolio. (19 de Enero de 2022). *portafolio.co*. Obtenido de <https://bit.ly/3MpCecq>

Ramírez Pinto, J. A. (2010). *unal.edu.co*. Obtenido de unal: <https://bit.ly/39aOvmu>

Rodas Carrero, F. S. (Noviembre de 2016). *utp.edu.co*. Obtenido de utp: <https://bit.ly/3P7SgtA>

Rodríguez Chaparro, A. M. (1 de Enero de 2016). *Telegestión del servicio de alumbrado público inteligente para el parque metropolitano El Tunal ubicado en la ciudad de Bogotá*.  
Obtenido de lasalle.edu.co: <https://bit.ly/3w2ydVO>

Rodríguez Patarroyo, D. J., Cely Garzón, I. F., & Letrado Forero, C. A. (21 de Mayo de 2019).  
*ucc.edu.co*. Obtenido de ucc: <https://bit.ly/3FE4Tbp>

Suárez Acevedo, J. A. (2010). *unal.edu.co*. Obtenido de unal: <https://bit.ly/3w3lfXY>

Sustecún Castellanos, A. (Mayo de 2010). *usac.edu.gt*. Obtenido de usac: <https://bit.ly/3M2B1rL>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2007). *upme.gov.co*. Obtenido de  
<https://bit.ly/3LnHg9g>

Valera, G. (8 de Agosto de 2018). *revistaconstruir.com*. Obtenido de revistaconstruir:  
<https://bit.ly/3N9Tm6u>

Valora Analitik. (10 de Julio de 2021). *valoraanalitik.com*. Obtenido de <https://bit.ly/3OKCXHd>

Valora Analitik. (1 de Febrero de 2022). *bmcbec.com.co*. Obtenido de <https://bit.ly/3MyHA5b>

## 10. Anexos

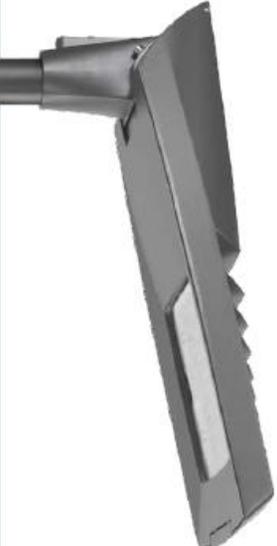
### Anexo A. Lámpara Vapor de Sodio a Alta Presión

Datos a considerar de sustitución de tecnologías para un municipio		Energía ahorrada (kWh) cada año en la sustitución de mercurio por sodio			Dinero ahorrado (miles de pesos) cada año en la sustitución de mercurio por sodio.		
		Cantidad luminarias sustituidas (unidades)			Cantidad luminarias sustituidas (unidades)		
Existente Mercurio	Sustituto Sodio	1	1 000	10 000	1	1 000	10 000
125 W	70 W	240	240 900	2 409 000	\$ 54	\$ 54 925	\$ 549 252
250 W	150 W	438	438 000	4 380 000	\$ 99	\$ 99 864	\$ 998 640
400 W	250 W	657	657 000	6 570 000	\$ 149	\$ 149 796	\$ 1 497 960

Nota: este ejercicio se plantea tomado un valor promedio nacional de \$228/kWh, obtenido de los valores, por departamentos, de la tarifa de energía para alumbrado público reportada al Sistema unificado de información (SUI) en el año 2007.

<b>Bombilla de vapor de sodio a alta presión.</b>			<b>Vapor de Sodio a altas presiones y a temperaturas de miles de grados.</b>
			<b>Tiempo de vida entre 24000 y 32000 horas</b>
			<b>Encendido de 3 a 4 min.</b>
			<b>Luz Amarilla</b>
			<b>Iluminación de autopistas y carreteras de alto tráfico vehicular, zonas céntricas, peatonales y plazas</b>
			<b>Costo iluminación: 3 \$/k-lm-h</b>
			<b>Largo: 20 cm / Ancho: 5 cm</b>
			<b>Aceptable</b>
			<b>Eficacia lumínica: 100 lm/W</b>

# Anexo B. Luminaria LED1.



## Miniluma



12 LEDs



20 LEDs



30 LEDs



40 LEDs

Miniluma has a very elegant and compact appearance. This design character, the lumen packages up to 10,000 lumen (100,000 hours), combined with a range of optics, makes it very suitable for relatively lower mounting heights on streets and paths in residential areas.



With the help of L-shaped different solutions can be generated meeting the same task light technical demands and replacing conventional equivalents. The table below gives some typical examples replacing conventional light source solutions by Luma solutions:

### Typical Miniluma energy savings vs. conventional

(Typical Miniluma solution (Optimal White color temperature) depending on present luminaire / optic & lighting data in place)

Luminaire	Height (m)	Power (W)	Beam diameter (m)	Beam angle (°)						
Conventional 150W	10	150	1.5	120	1.5	120	1.5	120	1.5	120
Miniluma 12 LEDs	10	100	1.5	120	1.5	120	1.5	120	1.5	120
Miniluma 20 LEDs	10	100	1.5	120	1.5	120	1.5	120	1.5	120
Miniluma 30 LEDs	10	100	1.5	120	1.5	120	1.5	120	1.5	120
Miniluma 40 LEDs	10	100	1.5	120	1.5	120	1.5	120	1.5	120

\* Data @ average ambient (outdoor operating) temperature of 25°C



120



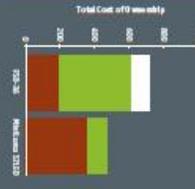
550



310

TYPE	Wattage	Width (m)	Height (m)
Miniluma	100	0.3	0.3
Miniluma	150	0.3	0.3

With Luma using the constant current method already minimizing energy and cost savings can be made. It is obvious that through the use of the COMETLED approach considerable extra savings can be realized.



TCO example Miniluma 120W (COMETLED) vs. 150W conventional (Conquest) from 2011 system (0.04, 0.04)

Legend:  
■ Total system cost  
■ Total on load (0.12 energy cost)  
■ Luminaire maintenance



**Activar Window**  
Ve a Configuración en p

# Luminaria Solar 50w / 3 Modulares

GLOBAL SOLAR SOLUTION

## Características:

Sensor de movimiento + Sensor de luz

**POTENCIA:** 50 W 5000-6500 LM

**PANEL SOLAR:** Mono-crystalino 16 V / 50 W

**USO:** Exterior

**RESISTENCIA HUMEDAD:** IP 66

**VIDA ÚTIL:** 70,000 horas

**MATERIAL:** Hierro Galvanizado

**MODELO:** TL3C

**ALTURA DE INSTALACIÓN:** 6-8 metros

**COLORE:** Blanco

**BATERIA:** LiFePO4 12.8 V; 22.4 AH

**PESO:** 11 kg

**AUTONOMÍA:** 3-7 días lluviosos

**LED CHIPS:** Philips (SMD 3030 CHIP) 4000K

**MEDIDAS:** Largo 840\* Ancho 370\* Alto 50 mm

**MEDIDAS DEL EMPAQUE:** Largo 102 \* Ancho 43 \* Alto 13 cm

Anexo D. Plano de iluminación instalada.

