

ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO DEL CAMBIO DE TEMPORIZADORES  
ELECTRÓNICOS EN LAS LUMINARIAS DE LA RED DE SERVICIO PÚBLICO QUE  
ADMINISTRA CODENSA

DIEGO ALEXANDER NARANJO MOLINA

HÉCTOR FABIÁN RODRÍGUEZ LOZANO

CARLOS ANDRÉS ROSAL ALONSO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

SEDE VIRTUAL Y A DISTANCIA

POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

2018

ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO DEL CAMBIO DE TEMPORIZADORES  
ELECTRÓNICOS EN LAS LUMINARIAS DE LA RED DE SERVICIO PÚBLICO QUE  
ADMINISTRA CODENSA

DIEGO ALEXANDER NARANJO MOLINA

HÉCTOR FABIÁN RODRÍGUEZ LOZANO

CARLOS ANDRÉS ROSAL ALONSO

Estudio de prefactibilidad

Edgar Alberto Méndez

Director: EDGAR ALBERTO MENDEZ

Grado académico

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

SEDE VIRTUAL Y A DISTANCIA

POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

2018

### **Resumen**

La prestación de servicios públicos domiciliarios se constituye en un amplio foco de atención para las autoridades regionales consistente en propender por el uso racional de los recursos, la maximización de la cobertura y la reducción de los costos de operación, en ese orden de ideas, para este documento se ha tomado como referencia la prestación del servicio de alumbrado público y en especial la red administrada por la empresa Codensa S.A. ESP para la ciudad de Bogotá con el fin de desarrollar un estudio tecno-económico del cambio de temporizadores electrónicos en las luminarias de la ciudad.

De acuerdo a la información existente, las luminarias de la ciudad cuentan con unos dispositivos que permiten su encendido denominados Fotocontroles, son dispositivos que están sometidos a daño permanente, hurto y mal funcionamiento, lo cual eleva los costos de operación del operador CODENSA, adicionalmente, por su mal funcionamiento, eleva además los costos directos de la operación por cuanto los usuarios no reportan o la respuesta demora cuando una luminaria permanece por días encendida por el deterioro del accesorio.

Este estudio pretende demostrar si existe para CODENSA un ahorro significativo al implementar un desarrollo tecnológico denominado Temporizador Electrónico, este dispositivo funciona mediante un reloj astronómico, es de mayor duración, se puede integrar fácilmente en la luminaria sin dejarlo expuesto al hurto o a los elementos, como tal, si este elemento se implementa CODENSA entraría a reconocer un ahorro en costos derivado de la menor

intervención de mantenimiento realizada en la red y en los costos de suministro de energía de la misma.

Finalmente, este estudio lleva a concluir y demostrar las bondades y a proyectar los ahorros y demás beneficios que recibirá CODENSA si decide implementar la tecnología sugerida, de hacerlo, no solo será un ahorro en costos de funcionamiento sino un ajuste a las sugerencias de la ONU, adoptadas por la UAESP en términos de eficiencia y racionalización del uso de los recursos energéticos.

*Palabras clave:* Alumbrado público, luminarias, fotocontrol, temporizadores electrónicos, valor presente, Ingeniería eléctrica, Gerencia de proyectos, Bogotá, Codensa.

## **Abstract**

The provision of domiciliary public services constitutes a broad focus of attention for the regional authorities, consisting of the rational use of resources, the maximization of coverage and the reduction of operating costs, for this document has been taken as reference the provision of public lighting service and especially the network managed by the company Codensa SA ESP for the city of Bogotá with the purpose of developing a techno-economic study of the change of electronic timers in the luminaries of the city.

According to the existing information, the luminaries in the city have some devices that allow their start called Photocontrol, those are devices that are subject to permanent damage, theft and malfunction, which increases the operating costs of CODENSA, additionally, due to its malfunction, it also increases the direct costs of the operation because users do not report or the response of the operator takes longer when a luminaire remains on for days due to the malfunction of the accessory.

This study aims to demonstrate if there is significant savings for CODENSA when implementing a technological development called Electronic Timer, this device works by means of an astronomical clock, it is of longer duration, it can be easily integrated into the luminaire without leaving it exposed to theft or to the elements, eventually, if this element is implemented

CODENSA would enter to recognize a cost saving derived from the minor intervention of maintenance carried out in the network and in the costs of energy supply.

Finally, this study leads to conclude and demonstrate the benefits and to project the savings and other benefits that CODENSA will receive if it decides to implement the suggested technology, therefore it's not only a saving in operating costs but an adjustment to the UN's suggestions, adopted by the UAESP in terms of efficiency and rationalization of the use of energy resources.

*Keywords:* Public lighting, luminaires, photocontrol, electronic timers, present value, electrical engineering, project management, Bogotá, Codensa

***CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS***

Uniminuto Virtual y a Distancia

" Estudio tecno-económico del cambio de temporizadores electrónicos en las luminarias de la red de servicio público que administra Codensa"

**Especialización en Gerencia de Proyectos –EGF-**

**Presenta:**

" Carlos Andrés Rosal Alonso, Diego Alexander Naranjo Molina, Héctor Fabián Rodríguez Lozano"

*Investigación descriptiva*

**Asesor tutor:**

Edgar Alberto Méndez

Bogotá, Colombia, Abril 07 de 2018

**Índice**

**Tabla de contenido**

Resumen.....	3
Abstract .....	5
Índice .....	8
Lista de tablas .....	10
Lista de ilustraciones.....	12
1. Introducción .....	13
2. Planteamiento del problema.....	16
2.1. Problemática .....	16
2.2. Formulación del problema.....	17
2.3. Sistematización del problema.....	18
3. Justificación .....	19
4. Objetivos .....	20
4.1. General.....	20
4.2. Específicos.....	20
5. Marco referencial .....	21
5.1. Estado del arte .....	21
5.2. Marco teórico.....	23

5.3.	Marco legal .....	34
5.4.	Marco histórico .....	36
5.5.	Hipótesis.....	37
6.	Diseño metodológico .....	38
7.	Diagnóstico de la situación actual general .....	40
7.1.	Manual de funciones temporizadores .....	42
7.2.	Manual de procesos y procedimientos.....	43
7.3.	Resultado del diagnóstico.....	44
8.	Plan de mejoramiento.....	45
8.1.	Elementos constitutivos del plan de mejoramiento.....	45
8.2.	Desarrollo del plan de mejoramiento .....	45
8.3.	Impacto del plan de mejoramiento .....	45
9.	Resultados y discusión.....	50
10.	Conclusiones .....	52
11.	Recomendaciones .....	54
12.	Referencias bibliográficas.....	55
Anexos.....		57
	Valor presente neto .....	57
	Valor anual equivalente .....	58
	Calculo del modelo CAPM.....	58
	Manual de procedimiento: mantenimiento luminarias .....	66
4.1	Mantenimiento correctivo .....	67
4.3	Mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias .....	68
4.4	Inspección de las instalaciones eléctricas de las luminarias .....	70

## Lista de tablas

Tabla 1 Luminarias Instaladas en Bogotá Según Tipo de Tecnología .....	23
Tabla 2 Características Ambientales Ciudad de Bogotá .....	24
Tabla 3 Características Eléctricas Red AP Bogotá.....	25
Tabla 4 Especificaciones Técnicas Postes Metálicos .....	27
Tabla 5 Especificaciones Técnicas Anclajes .....	28
Tabla 6 Especificaciones Técnicas Bridas para Poste Metálicos .....	28
Tabla 7 Requisitos de Galvanizado Para Láminas, platinas y Elementos Roscados .....	29
Tabla 8 Características Mecánicas Estructura Metálica.....	29
Tabla 9 Clases de Iluminación Para Vías Vehiculares .....	30
Tabla 10 Eficiencia Energética en Alumbrado Público .....	40
Tabla 11 Valores Nominales Temporizador Luktron QS.....	42
Tabla 12 Tolerancia a las Interferencias Temporizador NKG3 .....	43
Tabla 13 Comparación de equipos.....	46
Tabla 14 Cálculo del factor Beta .....	59
Tabla 15 Cálculo del factor Beta .....	60
Tabla 16 TES Criterio económico (Rentabilidad esperada del activo sin riesgo).....	60
Tabla 17 DTF Cuarta Semana De Febrero.....	62
Tabla 18 DTF Tasa de interés esperada.....	62

Tabla 19 Costos de material y mano de obra .....	63
Tabla 20 Costos de material .....	63
Tabla 21 Costos de mano de obra.....	64
Tabla 22 Costos total material y mano de obra .....	64
Tabla 23 Calculo del valor presente neto.....	65
Tabla 24 Calculo del valor presente neto.....	65
Tabla 25 Calculo del valor anual equivalente .....	65

## Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Fotocontrol .....	31
Ilustración 2 Conexión del Fotocontrol .....	31
Ilustración 3 Temporizador Inadisa .....	32
Ilustración 4 Tipificación Órdenes Atendidas 2016 .....	42
Ilustración 5 Temporizadores .....	43
Ilustración 6 Costo de material proyección a cinco años .....	47
Ilustración 7 Costo de mano de obra proyección a cinco años .....	48
Ilustración 8 Costo de material y mano de obra proyección a cinco años .....	48
Ilustración 9 Valor presente neto proyección a cinco años .....	49

## **1. Introducción**

En la prestación de servicios por parte de cualquier empresa se tiene como fundamento el ser lo más eficiente, al menor costo posible, esta premisa hoy vital en la prestación del servicio eléctrico es un aspecto fundamental, tanto desde el punto de vista administrativo, es decir, en lo relacionado con los costos en insumos y en mano de obra, de la misma manera desde la responsabilidad social empresarial, en el sentido en que contribuye a fortalecer el uso racional de la energía eléctrica como contribución a la preservación ambiental; de manera paralela se van implementando las reglamentaciones emanadas desde el Ministerio de Minas y Energía como organismo de control del Estado, igualmente de los planteamientos hechos por el país en eventos como lo planteado en el primer informe bienal (Colombia, 2015) para el uso racional energético.

En la actualidad el servicio de alumbrado público es un tema que ocupa la atención de las autoridades administrativas de los municipios del país, ya que ello se revierte en bienestar social y seguridad en la ciudadanía, y en corolario para la gerencia de determinado proyecto que provea tal servicio se revierte en mayores beneficios con alta calidad en el servicio prestado. Para el caso de la ciudad de Bogotá el operador de la red es Codensa S.A. ESP, el cual es auditado administrativamente por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP. El esquema de prestación de servicio tiene por propósito general, disminuir las fallas de la infraestructura existente y la instalación de nuevos puntos luminosos, con los debidos estándares de calidad.

En la actualidad las luminarias de la ciudad funcionan con un fotocontrol, que se encuentra en la parte exterior, este sufre daños reiteradamente, entre otros problemas, tales como:

robos, elevados gastos en mano de obra y en equipos, debido a que es necesario reemplazarlos. También se genera un consumo innecesario por la lámpara iluminada cuando el fotocontrol se daña y ese dispendio no es oportunamente reportado, lo cual hace que la luminaria esté en funcionamiento las 24 horas del día, representando un alto consumo innecesario. Es importante mejorar este desperdicio energético, optimizando el sistema de luminarias de la ciudad de Bogotá, ya que presenta algunos problemas tales como: el robo continuo por ser un fotocontrol de uso externo, igualmente por encontrarse en contacto directo con las inclemencias del clima de la sabana, ya que este es un factor que contribuye al vertiginoso deterioro de estos equipos. El presente texto tiene como propósito realizar el estudio técnico-económico del cambio de temporizadores en la red de alumbrado público de la ciudad de Bogotá, administrado por CODENSA, su pretensión es observar el nivel de factibilidad de realizar el cambio de temporizadores en las luminarias del alumbrado público. En el caso del consumo de energía es latente la necesidad de conservar y darle un uso eficiente a la energía eléctrica.

El uso racional del sistema de alumbrado público de la ciudad se hace necesario, para reducir el consumo, contribuyendo a la conservación del medio ambiente, de la misma manera que implementando las reglamentaciones y disposiciones del Ministerio de Minas y Energía. En este orden de ideas el objetivo de este proyecto es realizar el estudio técnico-económico para determinar el nivel de viabilidad del cambio a temporizadores electrónicos de uso interno para la red de alumbrado público de la ciudad de Bogotá, como alternativa al fotocontrol usado en la actualidad.

Por ello el texto presenta inicialmente la justificación, con los objetivos, además del planteamiento del problema, para luego derivar en el marco de referencia, desde lo conceptual, técnico, legal y económico; posteriormente realizar la descripción metodológica, para por ultimo presentar los resultados con su respectivo análisis, conclusiones y recomendaciones.

## 2. Planteamiento del problema

### 2.1. Problemática

El sistema eléctrico de la Ciudad de Bogotá cuenta con un mecanismo de transmisión generado por la fuerza de corrientes y caídas de tensión para disminuir las pérdidas eléctricas; estas tensiones están alrededor de los 220, 115, 33, 11.4 KW, con un cubrimiento del 100%, siendo su principal operador Codensa S.A. E.S.P. La red de alumbrado público de la ciudad de Bogotá consta de tensiones alrededor de 120/208/220/230/240/227 V, con cable de aluminio aislamiento PE, PVC, THW 600V 75°C. y sujeta a la norma, NTC 2050 RETIE; la luminaria y su brazo cuentan con sistema antirrobo de tornillo pasante, según norma AP 336, la acometida a la luminaria es en cable THW de cobre N°14 AWG.(Codensa, 2016).

Los sistemas de iluminación en espacios públicos se encuentran en constante perfeccionamiento y desarrollo, gracias a los avances tecnológicos y a las nuevas tecnologías en electrónica y electricidad, los cuales tienden hacia la búsqueda de la eficiencia de los equipos, sin sacrificar su capacidad. En Colombia dichos avances tecnológicos se adelantan lentamente debido a diferentes factores, entre ellos: la necesidad de importar los equipos y la ausencia o limitada presencia de proveedores de tecnología en materia de iluminación según señala (Prieto, 2017). En consecuencia, es importante trabajar sobre nuevas propuestas tecnológicas que aporten al desarrollo tecnológico de la ciudad, es decir, en la búsqueda de la eficiencia y eficacia.

Las luminarias o lámparas ubicadas en los postes de la ciudad de Bogotá D.C, están intervenidas para permitir su encendido y apagado, con un dispositivo fotosensible o de fotocontrol, dicho dispositivo, principalmente, sufre de tres fallas, a saber: su vida útil es corta,

su funcionamiento es inestable y son susceptibles a ser robados. En otras palabras, las lámparas presentes en el sistema de alumbrado público de la ciudad de Bogotá D.C. tienen como fallas que los elementos internos y externos sean bombillos, Housing o carcasa, con un soporte, fotocontrol y balasto electrónico, de esta manera, las actividades para mantener la red al día se centran en el cambio de estos equipos, basado en la experiencia del equipo de trabajo de este estudio, quienes se dedican a dicho mantenimiento para uno de los contratistas de Codensa S.A. ESP. En la ciudad, una de las fallas más recurrentes es el Cambio del fotocontrol, siempre se debe cambiar, ya sea de manera preventiva, correctiva, por descarte o por hurto (Codensa S.A. ESP, 2016). Por su parte para el operador de red de alumbrado público, el uso del dispositivo le genera un alto costo, se puede hallar la problemática en lo que se deriva de la manipulación, mantenimiento y desactualización en la tecnología usada.

## 2.2. Formulación del problema

Es importante a través de un estudio juicioso, el determinar las bondades o debilidades de implementar un sistema de temporizador electrónico, en las luminarias del alumbrado público de la ciudad, que permita el encendido y apagado a determinadas horas, de acuerdo a una programación basando la hipótesis en que los dispositivos de control actuales llamados fotocontroles, los cuales sufren de un deterioro acelerado, inestabilidad sistemática y constantes robos, al estar expuestos por fuera de carcasa de la luminaria. En atención a la problemática de los dispositivos mencionados, se plantea el uso de un dispositivo que basa el encendido y apagado del bombillo, siendo indiferente de que tipo sea dicho elemento, en una programación

temporizada en un sencillo dispositivo electrónico (temporizador electrónico), que entre otras cosas no depende su funcionamiento de la luz solar.

### 2.3. Sistematización del problema

¿Es factible desde el punto de vista técnico y económico, el reemplazo de los dispositivos fotosensibles por dispositivos de encendido temporizado por programación electrónica?

### **3. Justificación**

Los resultados del presente documento son importantes para el sector eléctrico, por ser Bogotá metrópoli termina siendo paradigma para el resto del país, este esfuerzo académico pretende brindar un soporte técnico y económico que sea útil para un operador como Codensa S.A. E.S.P.; de la misma manera este trabajo se justifica para el gremio empresarial, porque puede ser un punto de partida para cualquier otro operador que desee implementar la tecnología propuesta, además, establecer aportes hacia el enfoque social y de seguridad del alumbrado público, haciendo un énfasis en ciudad de Bogotá, como epicentro nacional.

El beneficio ofrecido con este proyecto se fundamenta en la implementación de los temporizadores electrónicos, que permitirá reducir el cambio del elemento fotocontrol, fundamentado en las siguientes características: Se integrará al conjunto eléctrico de la luminaria; su vida útil puede ser mejor en función de sus componentes; no estará expuesto a cambios climáticos, debido a la cubierta utilizada; no tendrá lente fotoeléctrico, a cambio de él tendrá un reloj astronómico, un costo competitivo con el de los controles múltiples.

De esta manera como contribución en la formulación de propuestas, este trabajo pretende aportar en la resolución de los problemas generados por el uso de fotocontroles, en otras palabras es un aporte hacia visiones progresivas en la operación del servicio de alumbrado público, como desafío global, no solo con el medio ambiente, sino también desde el punto de vista gerencial.

## 4. Objetivos

### 4.1. General

Determinar técnica y económicamente la viabilidad en la implementación de temporizadores electrónicos en la red de alumbrado público de Bogotá D.C, que administra Codensa S.A. ESP

### 4.2. Específicos

- Enumerar las diferencias económicas entre el fotocontrol convencional y los temporizadores electrónicos, los cuales son utilizados para el encendido, del alumbrado público.
- Identificar los costos que genera el cambio de fotocontrol a temporizador electrónico para la empresa de alumbrado público de Bogotá.
- Determinar las ventajas de la implementación de la nueva tecnología en las redes de alumbrado público, con el fin de generar menores costos al operador de red AP.

## 5. Marco referencial

### 5.1. Estado del arte

Como informe de pasantía en la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas se presentó (Naranjo Molina, 2017), con el estudio de viabilidad para la implementación de temporizadores y sensores magnéticos en las luminarias de la red de alumbrado público en Bogotá D.C., el cual en sus conclusiones establece que los temporizadores electrónicos, en cambios eléctricos abruptos tiene una respuesta aceptable, debido a que el equipo no sufre daños en la estructura durante la realización de la prueba en un lapso de tiempo de un mes, de igual forma se halló una funcionalidad adicional al observarse que el equipo realiza un by-pass al presentar una avería. Un elemento importante que arrojo este estudio, es que el uso del temporizador sobre una población del 4,5% de las luminarias instaladas y al sostener este cambio, se proyecta un ahorro del 52% del dinero gastado en el año 2016 para el mantenimiento de 19 mil luminarias.

La implementación de los temporizadores y sensores magnéticos propuestos fortaleció el sistema de alumbrado público, dotándolo de una mayor robustez garantizando una eficacia en su función primordial de suministrar iluminación, de forma continua a las zonas comunes de la ciudadanía. Aportando al uso de nuevas tecnologías.

El uso de los temporizadores como alternativa al fotocontrol, permite que CODENSA perciba una reducción de costos de materiales y mano de obra, debido a que esta alternativa tiene una vida útil más prolongada y es menos susceptible a vandalismo. (Naranjo Molina, 2017).

Por otra parte, en la Universidad Industrial de Santander (Gualdrón & Rico Blanco, 2011) se realizó el Estudio Técnico-Económico del Sistema de Iluminación de Áreas Comunes Externas a los Edificios de la UIS”, siendo un diagnóstico de las instalaciones eléctricas del alumbrado público.

En la Universidad de Granada, España, (González Hurtado, 2015) presentó la tesis doctoral titulada “Influencia del Alumbrado Público Sobre la Seguridad y la Conducta” la cual presenta la relación existente entre los principales parámetros de alumbrado público y su relación con determinados aspectos psicosociales, como la percepción de seguridad y sensación de bienestar, igualmente se realizó una medición de los parámetros luminotécnicos en las instalaciones de alumbrado, donde se observa el aspecto relacionado con el despilfarro energético. En este trabajo doctoral se hace un llamado para profundizar en estudios relacionados, ya que se relacionan los aspectos medioambientales y energéticos ligados a las nuevas tendencias de eficiencia energética, a la vez que establece una interesante sinergia entre la luminotecnia y la percepción de seguridad ciudadana, es decir, satisfacción en el servicio prestado.

En la universidad Politécnica de Cartagena, España, (Madrigal Bayonas, 2013) se realizó el trabajo titulado “Medidas de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Exterior” en la que se plantea la necesidad de aplicar medidas energéticas que reduzcan los costos, aprovechando los recursos propios:

Para reducir el consumo de energía en alumbrado exterior, se debe actuar sobre las instalaciones que las componen, bien por optimización de los sistemas instalados o bien

por renovación o introducción de nuevos sistemas de eficiencia energética. Se estima que podrían lograrse reducciones de entre el 20 % y el 85 % en el consumo eléctrico del alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficaces así como al empleo de sistemas de control. (Madrugal Bayonas, 2013).

## 5.2. Marco teórico

Se entiende por servicios públicos aquellos que tienen por fin satisfacer las necesidades colectivas de forma permanente y continua, bajo la dirección, regulación y control del Estado. De esta manera se entiende que el servicio de Alumbrado Público, es el que se dedica a satisfacer la iluminación de los bienes de uso público y espacios de libre circulación urbano o rural. El servicio de alumbrado público no es un servicio público domiciliario, cuya responsabilidad es del municipio, la regulación técnica le compete al Ministerio de Minas y Energía, y está desarrollado en el reglamento técnico de alumbrado público, Retilap. Y la CREG, o Comisión de regulación, es la que determina los costos máximos del cobro de este servicio. (Martinez & Afanador, 2013).

Las luminarias en la ciudad de Bogotá, han venido reemplazándose paso a paso por tecnología Led, además de un pequeño incremento, en la siguiente tabla se evidencia esta relación con respecto a las que han ido aumentando.

**Tabla 1 Luminarias Instaladas en Bogotá Según Tipo de Tecnología**

	Sodio Alta Presión	Mercurio	Halogenuro Metálico	LED	Total
Diciembre 2011	329.103	1.834	100	-	331.037
Diciembre 2012	332.448	1.436	211	110	334.205
Incremento	3.345	(398)	111	110	3.168

Fuente: (UAESP).

Es importante señalar que las luminarias con tecnología Led, presentan menores consumos eléctricos, mayor vida útil, y tono de luz claro, en contraposición a la tecnología SAP. Que según la información proporcionada por la UAESP el consumo de energía por alumbrado público para la ciudad es del 2%. (Martinez & Afanador, 2013).

El sistema eléctrico de la Ciudad de Bogotá cuenta con un mecanismo de transmisión generado por la fuerza de corrientes de agua controladas; la transmisión de tensiones está alrededor de los 220, 115, 33 y 11.4 KW, con un cubrimiento del 100%, siendo su principal operador Codensa S.A. E.S.P. La red de alumbrado público de la ciudad de Bogotá consta de tensiones alrededor de 120/208/220/230/240/227 V, cable de aluminio aislamiento PE, PVC, THW 600V 75°C. y sujeta a la norma, NTC 2050 RETIE; la luminaria y su brazo cuentan con sistema antirrobo de tornillo pasante, según norma AP 336, la acometida a la luminaria es en cable THW de cobre N°14 AWG.(Codensa, 2016) Para la ciudad de Bogotá las características ambientales entre las cuales se presta el servicio de alumbrado eléctrico son algo extremas.

**Tabla 2 Características Ambientales Ciudad de Bogotá**

<b>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</b>	
a. Altura sobre el nivel del mar	2 640 m
b. Ambiente	Tropical
c. Humedad	Mayor al 90 %
d. Temperatura máxima y mínima	45 °C y - 5 °C respectivamente.
e. Temperatura promedio	14 °C.
f. Instalación	A la intemperie

Fuente: (Codensa, 2016).

Así mismo se tienen unas características eléctricas del sistema, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 3 Características Eléctricas Red AP Bogotá**

<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>	
a. Tensión Nominal del sistema	
Línea – Línea	208, 240 V
Línea – Neutro	277 V
b. Frecuencia del sistema	60 Hz

Fuente: (Codensa, 2016).

Las luminarias del alumbrado público deben cumplir con una serie de requisitos importantes, determinados por la normativa vigente para tal fin, esto no solo está relacionado con la inversión inicial, sino también al nivel de eficiencia energética, hermeticidad, durabilidad y funcionalidad en el mantenimiento. En términos generales los elementos, están cubiertos de lámina de acero o material plástico, el reflector o grupo óptico abrigado, portalámparas y su debido soporte, cable de conexión línea de alimentación, tornillo para la fijación de soporte de luminaria al poste, tapa de vidrio o de material plástico, filtro para evitar el paso de partículas contaminantes y medio de fijación de tapas.

Según la misma línea argumentativa los fotocontroles requeridos por Codensa deben cumplir con ciertas condiciones operativas, deben tener un índice de hermeticidad IP 54, materiales de instalación sobre una base tripolar, tiempo de retardo en reacción, protección a cambios de voltaje, vida útil de 5000 operaciones, y no ser un problema al desecharse el dispositivo. (Codensa, 2000) El fotocontrol debe desconectarse entre un rango de 10 a 60 luxes.

En el mismo documento se puntualiza la necesidad de estar sujeto al intervalo de tensión y estar sujeto también a una temperatura ambiente de 70°C sin presentar alteración de sus características. Igualmente debe tener un dispositivo mecánico, eléctrico, óptico, electrónico que permita el ajuste de iluminación.

La base debe soportar una tensión en valor eficaz de 2500 v, 60Hz, la base de aislamiento debe ser superior a 5M/V con 500 VCC entre sus partes conductoras y tierra; aislamiento para 600V, clase térmica 105°C. Según la definición para Colombia, a través de la Resolución 40126 se tiene que:

Luminaria. Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas o bombillas (fuentes luminosas) y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las fuentes luminosas mismas y los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación eléctrica. La luminaria dispone entonces de un conjunto óptico y un conjunto eléctrico. (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Para su correcto funcionamiento las luminarias deben tener un soporte adecuado, por ello las características generales de los postes, deben ser elementos mecánicos cuya única función es sostener las luminarias y por estar en ambiente tropical (clima cálido, frío, en humedad y seco) los postes deben ser de uso exclusivo para alumbrado público y pueden ser en concreto, hierro galvanizado, aluminio, madera inmunizada, fibras poliméricas entre otros materiales, que sostengan las luminarias, deben tener unas especificaciones técnicas, las cuales se encuentran en la ET24 (Codensa, 2017).

**Tabla 4 Especificaciones Técnicas Postes Metálicos**

POSTES METÁLICOS PARA ALUMBRADO PÚBLICO								
Descripción	Longitud (mm)	Diámetro de la cima (mm)	Diámetro de la base (mm)	Espesor de lámina (mm)	Placa de la Base			
					Espesor (mm) "C"	Lado (mm) "B"	Distancia entre huecos (mm) "A"	Diámetro de los huecos (mm)
Poste metálico 9 m	9000	127	190	3	12	400	300	22
Poste metálico 10 m	10000	127	190	3	12	400	300	22
Poste metálico 12 m	12000	127	210	3	12	400	300	22
Poste metálico 14 m	14000	127	250	3	19	500	400	24
Poste metálico 16 m	16000	140	250	4	19	500	400	24

Fuente: (Codensa, 2017).

Los postes de concreto la tensión de ruptura no debe ser menor a 200Kf, igualmente:

El acero de refuerzo utilizado en la fabricación de los postes, debe cumplir con normas NTC, normas internacionales o de reconocimiento internacional, tales como: NTC 116, 161 ó 248. Para los postes de hormigón pretensados, el refuerzo debe cumplir con normas NTC, normas internacionales o de reconocimiento internacional, tales como: NTC 2010 ó 159. Las varillas de acero estructural deben tener esfuerzo nominal de fluencia mínimo de 420 MPa (60915 psi) (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

De la misma manera los accesorios para sostener la luminaria, se encuentran en este mismo documento: Los pernos deben ser de acero 1020, los flejes lisos tipo A37 y soldados entre sí. Las tuercas serán de acero cumpliendo la norma NTC 858 para rosca estándar. Las arandelas según norma SAE J489A. Todos estos elementos deben ser galvanizados en caliente de acuerdo con la norma NTC 2076. (Codensa, 2017).

**Tabla 5 Especificaciones Técnicas Anclajes**

ANCLAJE A LA BASE						
Descripción	PERNO DE ANCLAJE				BASE DE CONCRETO	
	Diámetro del perno mm (pulg.)	Distancia entre pernos (mm) "A"	Longitud del perno (mm) "L1"	Longitud doblada (mm)	Profundidad H1(mm)	Lado D (mm)
Poste metálico 9 m	19 (3/4")	127	190	3	12	400
Poste metálico 10 m	19 (3/4")	127	190	3	12	400
Poste metálico 12 m	19 (3/4")	127	210	3	12	400
Poste metálico 14 m	22 (7/8")	127	250	3	19	500
Poste metálico 16 m	22 (7/8")	140	250	4	19	500

NOTA: Los pernos, tuercas y roscas deben cumplir con la norma ANSI/ASME B1.1-1982

Fuente: (Codensa, 2017).

**Tabla 6 Especificaciones Técnicas Bridas para Poste Metálicos**

BRIDAS PARA POSTES METÁLICOS				
ITEM	CARACTERISTICA	NUMERO DE BRIDAS	LONGITUD [m]	
			TRAMO 1 "Desde la base"	TRAMO 2
Poste metálico 14 m	-Lámina acero HR A36	2	8	6
	-Espesor 3/4"			
	-Diámetro interior 182 mm			
	-Diámetro exterior 362 mm			
Poste metálico 16 m	-Lámina acero HR A36	2	8	8
	-Espesor 3/4"			
	-Diámetro interior 235 mm			
	-Diámetro exterior 400 mm			

Fuente: (Codensa, 2017).

Las estructuras metálicas que albergan y protegen la luminaria, debe también llevar unas características específicas, las cuales están trazadas detalladamente en la fuente (Codensa, 2017), en la cual se presenta la información relacionada del tema a tratar. Las láminas, se galvanizan de acuerdo a la NTC 3320. Los pernos sólo se galvanizarán 15 centímetros en la parte roscada.

Las características de las platinas y los elementos roscados se describen en el Retilap (reglamento técnico de iluminación y alumbrado público) los cuales están bajo las normas NTC 2076 clase B-2 para platinas y clase C para elementos roscados.

**Tabla 7 Requisitos de Galvanizado Para Láminas, platinas y Elementos Roscados**

ELEMENTO	PROMEDIO		MÍNIMO	
	gr/m <sup>2</sup>	μmm	gr/m <sup>2</sup>	μmm
<b>Platinas y láminas</b>	<b>458</b>	<b>65,4</b>	<b>381</b>	<b>54,4</b>
<b>Elementos Roscados</b>	<b>397</b>	<b>56,6</b>	<b>336</b>	<b>48</b>

Fuente: (Retilap).

**Tabla 8 Características Mecánicas Estructura Metálica**

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
ITEM	VALOR
Límite mínimo de fluencia de acero	35 Kg/mm <sup>2</sup> (345 MN/m <sup>2</sup> )
Resistencia a la tracción	45 Kg/mm <sup>2</sup> (450 MN/m <sup>2</sup> )
Elongación	30% en 50 mm (2 pulgadas)

Fuente: (Codensa, 2017).

De la misma forma la instalación de las luminarias contiene la descripción:

La instalación del brazo, la luminaria y los demás accesorios de los postes metálicos debe hacerse con canasta o escalera. No se deben utilizar pretales para subir al poste. Durante la instalación de estos elementos no se debe retirar la protección de cartón y plástico, y ésta debe haberse conservado en muy buena forma. Durante el proceso de instalación de elementos y accesorios en el poste metálico para alumbrado público, el CONTRATISTA debe tener en cuenta las recomendaciones impartidas por el fabricante respectivo, las cuales debió solicitar al

momento de entrega de los materiales en la fábrica, como se especifica en el apartado C.

(Codensa, 2017).

**Tabla 9 Clases de Iluminación Para Vías Vehiculares**

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

Fuente: (Retilap).

Actualmente en el alumbrado público se usa el fotocontrol para interrumpir el flujo de corriente y apagar la luminaria con la luz del día, es decir, es utilizado para la conexión y desconexión de las fuentes de energía, el cual cera normalmente cerrado o normalmente abierto, tiene un rango de tensión de operación en control entre 106 V a 130 V; la vida útil debe superar las 3600 operaciones. Las puntas de conexión deben ser conductores de cobre flexible calibre 12 AWG, longitud mínima de 90 cm, aislamiento equivalente de 600 V y están identificados por colores: Negro: Fase. Blanco: Fase común con la carga o para el neutro. Rojo: Carga.

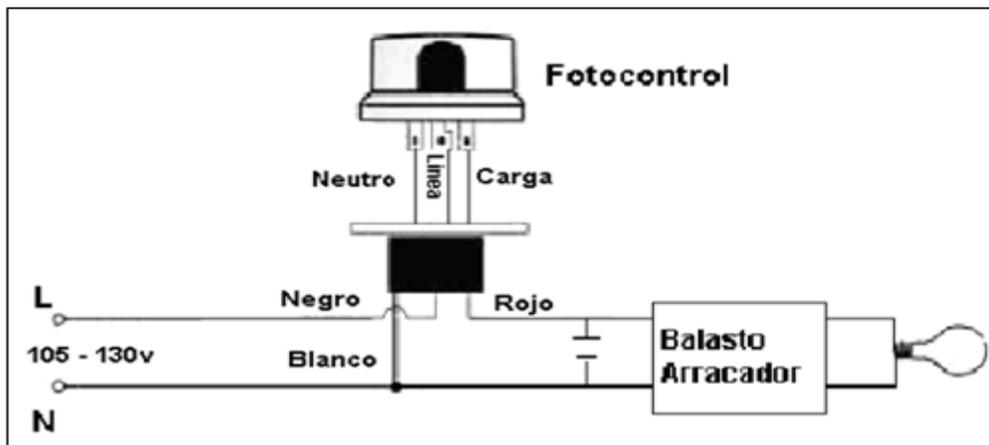
### Ilustración 1 Fotocontrol



Fuente: (García T, 2011).

Ahora en la siguiente ilustración se muestra la conexión de línea y neutro del fotocontrol, necesario para el óptimo funcionamiento en la luminaria.

### Ilustración 2 Conexión del Fotocontrol



Fuente: (García T, 2011)

### Ilustración 3 Temporizador Inadisa



Fuente: (Inadisa)

Para su instalación; simplemente se retira el fotocontrol y se instala el temporizador el cual se encuentra programado con unas horas estipuladas de encendido y apagado (06:00 pm y 06:00 am).

En el mantenimiento correctivo de la luminaria se debe comprobar el funcionamiento de la fotocelda y su base, así:

- Comprobar el funcionamiento correcto de la fotocelda y el estado de su base, estos no deben presentar señales de quemadura.
- Verificar que la fotocelda realice correctamente el encendido y apagado de la lámpara.
- Comprobar la correcta orientación de la ventanilla censorsa del fotocontrol, para garantizar su funcionamiento correcto.

- Determinar si la fotocelda está operando correctamente es medir si esta presenta tensión en la salida de lo contrario se debe proceder a reemplazarla.

Para cualquier gerencia la optimización del gasto es una necesidad, y cuando el gasto es público se debe presentar un mayor análisis porque el ahorro puede verse revertido en la sociedad, (Madrigal Bayonas, 2013) por tanto es importante para cualquier empresa buscar la eficiencia energética, es decir, aportar en modificaciones la posibilidad de reducir costos en los componentes, la cual es una arma estratégica.

Sin embargo, antes de encaminar los pasos para lograr reducir los costes, es necesario pararse a pensar cuáles son las variables sobre las que debemos actuar para conseguir mayor eficacia en nuestra misión. Por ello se ha de recoger la idea de que un estudio pormenorizado del consumo y demandas energéticas nos indicará las variables sobre las que hay que actuar prioritariamente, a fin de conseguir la mayor efectividad con el menor esfuerzo económico. (Madrigal Bayonas, 2013).

En el sistema de alumbrado público debe estar acorde al desarrollo de las actividades peatonales y vehiculares, aplicando la cantidad y calidad de luz acorde al área a iluminar; donde es necesario ver obstáculos u otros vehículos sin riesgo de deslumbramiento, siendo lo peatonal menos exigente;

De la misma manera se tiene que el consumo energético esta relaciona con gastos innecesarios, los cambios en el alumbrado público desde sus orígenes, fundamentalmente en los medios y sistemas técnicos empleados, por tanto es importante realizar una planeación

estratégica teniendo en cuenta las condiciones básicas en torno a lograr un consumo energético eficaz, el menor impacto ambiental con un nivel aceptable de inversión. (Madrigal Bayonas, 2013) por tanto es importante encaminarse al análisis de las variables a actuar para lograr la eficacia energética, en este sentido hacer un estudio pormenorizado es una herramienta estratégica útil para cualquier empresa y mucho más para una organización dedicada a la prestación del servicio de alumbrado público.

### 5.3. Marco legal

A nivel constitucional, desde la constitución de 1991 que se dictan disposiciones generales del régimen económico, de la hacienda pública y de la finalidad social del estado y de los servicios públicos, lo cual se refleja en los artículos 334 y 365.

Desde el punto de vista del desarrollo legislativo, el 24 de noviembre mediante la Ley 97 se reglamentó la prestación del servicio de alumbrado público. La ley 84 de 1915 autoriza el cobro de alumbrado público; el 27 de noviembre 1974, el Consejo Directivo de Icontec ratificó la norma 900 "Código Colombiano de alumbrado público". Hasta que en 1975 pasó de la jurisdicción municipal a estar en cabeza del Ministerio de Minas y Energía.

En 1981, Mediante la ley 56 quedaron establecidos los mecanismos por los cuales el Municipio puede cobrar un "derecho a indemnización" por las servidumbres aéreas y subterráneas que las empresas de servicios públicos domiciliarios llevan por la ciudad. El lunes 11 de Julio 1994 fueron aprobadas la Ley 142, Servicios Públicos Domiciliarios y Ley 143 Ley Eléctrica que obligan a reestructurar las empresas del sector eléctrico, facilitar la competencia en el mercado y propiciar la vinculación del capital privado. (Donado & Hernández, 2013).

En la Ley 142 se establece el Régimen de los Servicios Públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, en la ley 143 se establece el Régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética; es hasta el 2006 a través del Decreto 2424 del Ministerio de Energía que se reglamenta el servicio de alumbrado público.

La ley 697 de 2001 en la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas entre otras disposiciones; la Ley 1150 de 2007 busca hacer más eficiente y transparente la ley 80 de 1993; por último la ley 1386 de 2010 prohíbe la delegación del tributo a los particulares.

Para lo concerniente a la reglamentación del Ministerio de Minas y energía se ha podido observar el decreto 2424 de 2006, el cual regula la prestación del Servicio de Alumbrado Público; la Resolución 18 1331 de 2009 por el cual se expide el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público Retilap; ya es con la Resolución 18 0265 que modifica el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público; por último la Resolución 40122 de 2016 (Febrero 8) “Por la cual se adiciona y modifica el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (Retilap)”. Cuyos criterios generales establecen el uso racional y eficiente de energía en iluminación, además de señalar las especificaciones para realizar un buen diseño y desempeño operativo. En ese sentido la norma busca establecer niveles de calidad en la energía lumínica requerida, el abastecimiento energético, la preservación del ambiente.

Es de especial atención el Decreto 113 del 16 de marzo de 2016, porque en el artículo 4 acerca de los lineamientos que debe tener la infraestructura administrativa de Bogotá, donde habla de optimizar el consumo de energía eléctrica en alumbrado público con nuevas tecnologías en fuentes y luminarias. (Alcaldía, 2016).

#### 5.4. Marco histórico

Mediante antorchas fue que el hombre inició las primeras luminarias a través de aceites encendidos con mechas, se han hallado en Mesopotamia, Egipto y Persia. Sin embargo fue en Francia en el siglo XVI donde se obligó a los vecinos a colgar luz en la puerta de las casas, hasta que en 1667 el teniente de policía Le Reynie reformó y fijó el alumbrado público.

Las primeras farolas eléctricas empleadas, eran del tipo arco eléctrico, inicialmente las velas eléctricas, velas Jablohoff o velas Yablochkov desarrolladas por el ruso Pavel Yablochkov en 1875. Se trataban de lámparas de arco eléctrico con electrodos de carbón que empleaban corriente alterna, que garantizaba que los electrodos ardieran de forma regular. Las velas Yablochkov fueron usadas por primera vez para alumbrar los grandes almacenes Grand Magasins de Louvre, en París en los años 1880. (Donado & Hernández, 2013) p.16.

Así se tiene iluminación pública en ciudades como Timisoara, Rumania; Comillas, Cantabria, Jerez de la Frontera, entre otras, sin embargo los efectos del arco eléctrico son costosos y desgastante, por ello se ha buscado el desarrollo de lámparas incandescentes por electrodos. Más adelante se desarrolla la lámpara de mercurio de alta presión, pero pierden intensidad luminosa, dando paso a la lámpara de vapor de sodio que emite luz monocromática.

En Colombia se reglamentó hasta el año 1913. Y en 1955 se inaugura la iluminación con fuente de lámparas de mercurio.

### 5.5. Hipótesis

Desde este desarrollo es posible plantearse la viabilidad técnica y económica del cambio de fotocontroles por temporizadores en la red de alumbrado público de la ciudad de Bogotá.

## **6. Diseño metodológico**

Este documento pretende sistematizar la información conceptual y teóricamente a partir de la experiencia con el objeto de estudio del alumbrado público de la ciudad de Bogotá, en este sentido se convierte en una obra de elaboración intelectual cuyo resultado puede expresarse en detonante para una apropiada toma de decisiones, de esta forma ser partícipes en la lectura de los resultados arrojados por este informe. Por ello el tipo de investigación a realizar en este proyecto es de tipo descriptivo, inductivo debido a que trata sobre un tema en el que no existe información directa; por el proceso de observación de los fenómenos de llegar a conclusiones generales a partir de observaciones particulares.

Igualmente esta investigación está basada en un diseño bibliográfico básico, porque de la revisión del material documental se llega al análisis de un fenómeno en particular, como lo es el alumbrado público. De la misma manera la investigación es de tipo descriptivo por cuanto está basada en el análisis de cierta información administrativa, además de describir características fundamentales de elementos tecnológicos y su consecuente comparación de tipo económico.

En este sentido en la realización de este trabajo se llevó a cabo una serie de etapas a saber:

### **Recolección de la información,**

Obtención de datos necesarios de la información, esto es la primera documentación bibliográfica relacionada con los temas a tratar, es decir, normas, manuales, catálogos, libros, informes.

**Análisis e interpretación de los datos obtenidos**, se seleccionaron los datos directamente relacionados con los conceptos a tratar a lo largo del desarrollo del proyecto, se realizó un comparativo seleccionando la más óptima información

Elaboración de una propuesta de ejecución de proyecto.

Las limitaciones del proyecto se encuentran en el limitado acceso a la información, igualmente al no conocimiento de otras variables que operan en la toma de decisiones, con poca posibilidad de acceso a esta información.

De lo anterior se desprende que las variables que intervienen una es de tipo técnico, la relacionada a la descripción de las características técnicas de los elementos relacionados en el documento, y una variable de tipo económico, al realizar una proyección económica de los gastos generados por el cambio de instrumentos técnicos,

## 7. Diagnóstico de la situación actual general

En cuanto a la descripción de la situación actual, el Primer Informe Bienal sobre Cambio Climático en el cual participó Colombia, este hizo planteamientos importantes en torno al papel que juega la eficiencia energética en el cambio climático y relacionado con ello el uso de nuevas tecnologías, es decir, hay un direccionamiento estratégico hacia la sustitución de instrumentos tecnológicos, como lo expresa adecuadamente la siguiente tabla.

**Tabla 10 Eficiencia Energética en Alumbrado Público**

SECTOR	ENERGÍA
SUBSECTOR	ENERGÍA ELÉCTRICA; ILUMINACIÓN PÚBLICA
GASES CUBIERTOS	CO <sub>2</sub>
OBJETIVOS PRINCIPALES	Mejorar y modernizar los sistemas de alumbrado público en diferentes ciudades de Colombia a través de la optimización del diseño y el incremento en la eficiencia energética de las luminarias.
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES CUBIERTAS POR LA NAMA	<p><b>Preparación y apoyo técnico:</b> Brindar apoyo técnico a los gobiernos de las ciudades para que mejoren y modernicen su sistema de alumbrado público.            Construcción e implementación de una herramienta web para que los gobiernos locales hagan seguimiento de los nuevos sistemas implementados.</p> <p><b>Asistencia legal y financiera a los gobiernos de las ciudades:</b> Revisión del contexto legal de las ciudades relacionado con el alumbrado público (incluyendo asesoría en el diseño de contratos de concesión que incluyan elementos de eficiencia energética) y diseño de instrumentos financieros innovadores que provengan tanto del sector público como del sector privado.</p> <p><b>Estructuración:</b> Estudios de diseño y factibilidad de proyectos.            Implementación y monitoreo: Implementación de los proyectos para mejorar y modernizar el alumbrado público, e implementación del sistema de monitoreo y reporte.</p> <p><b>Barreras para la implementación y estrategias para superarlas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de conocimiento en tecnologías LED y falta de información acerca del desempeño de las tecnologías LED y sus proveedores.</li> <li>- Compromisos previos contractuales que impiden el desarrollo de los proyectos (contratos de concesión en marcha).</li> <li>- Capacidad limitada de inversión en alumbrado público por parte de las ciudades.</li> </ul> <p>La NAMA busca superar estas barreras a través de: 1) manejar los vacíos y brechas de conocimiento. 2) manejo de los posibles riesgos legales, técnicos y financieros. 3) asegurar que los proyectos resulten en ahorros de energía y reducción de emisiones de GEI.</p>

Fuente: (Colombia, 2015).

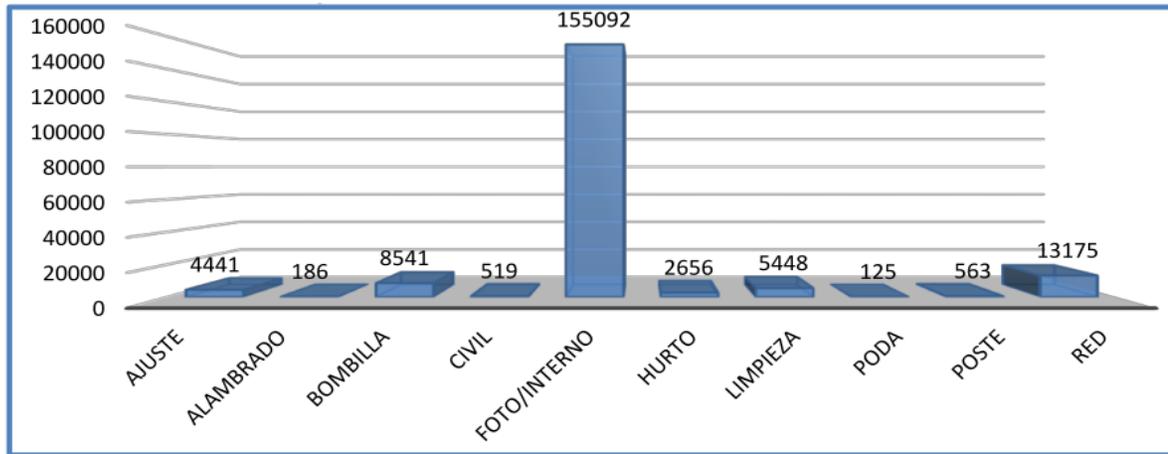
En este mismo documento el país se planteó como meta el reemplazar 300.000 luminarias HPSV (High Pressure Sodium Vapour Lamps). Ahorrar 86.495 MWh / año (1,5% de consumo

mensual en Colombia). Ahorrar US\$13.338.499/año. De ello se entiende que la eficiencia energética está relacionada con el desperdicio de energía, lo cual sucede 36 de las 72 horas diarias que pasan entre el reporte del daño de la luminaria y su solución por parte de la empresa encargada de ello.

Según el informe de la contraloría distrital para el año 2015, se observa un retraso en los cambios de las luminarias alógenas por las luminarias led, que son más eficientes y contaminan visualmente la vista hacia el espacio.(Contraloría, 2016) Al día de hoy se han reemplazado diez mil luminarias, correspondientes al 0,3%. Según el informe de Gestión de Departamento Nacional de Planeación 2017, se presenta ineficiencia en la prestación del servicio, porque hay una heterogeneidad en el esquema de prestación, variación en los costos, fallas de vigilancia y control (procesos son débiles), a la vez que se presenta una disposición inadecuada de los residuos, incrementando los costos y la afectación ambiental. En términos técnicos, operativos, administrativos, financieros y ambientales existe una heterogeneidad en la prestación del servicio, (DNP, 2017).

Para el año 2016 se registraron 155092 órdenes de mantenimiento a las luminarias de la capital para reparar o cambiar el fotocontrol, otros ítems como alambrado, bombilla, hurto o red, en promedio son bajas con respecto a los fotocontroles, lo cual evidencia que hay un problema serio en el uso de fotocontroles para el encendido y apagado de las luminarias del alumbrado público, como lo muestra la siguiente ilustración.

**Ilustración 4 Tipificación Órdenes Atendidas 2016**



Fuente: (Naranjo Molina, 2017).

#### 7.1. Manual de funciones temporizadores

El temporizador es un instrumento complementario a la instalación de la luminaria, se usa para abrir o cerrar el circuito eléctrico, es un dispositivo electrónico que se utiliza para ahorrar energía al controlar los horarios de encendido y apagado de la luminaria, evitando costos innecesarios.

**Tabla 11 Valores Nominales Temporizador Luktron QS**

	120 V~ 50/60 Hz	220 - 240 V~ 50/60 Hz
Capacidad de la unidad (vatios)	2 000 W	3 000 W
Bajo voltaje magnético (BVM)	2 000 VA/1 600 W	3 000 VA/2 400 W
Capacidad de la zona (vatios)	25 - 800 W	40 - 1 200 W
Bajo voltaje magnético (BVM)	25 - 800 VA/25 - 600 W	40 - 1 200 VA/40 - 960 W

Fuente: (Grafik & Qs, 2017).

**Tabla 12 Tolerancia a las Interferencias Temporizador NKG3**

Item	Características
Tolerancia a las descargas estáticas	8x(1±10%) KV (descarga en aire)
Tolerancia a las radiaciones de campos electromagnéticos	Intensidad del campo magnético de prueba: 10x(1±10%) V/m
Tolerancia a los transitorios puntuales	Para líneas de potencia: 2x(1±10%)KV, duración 1 min.
Tolerancia a las descargas	Para líneas de potencia: 2x(1±10%)KV
Tolerancia a la conducción de RF	Tensión de prueba con circuito abierto: 10V, frecuencia 150kHz...80MHz
Tolerancia de la alimentación	30% en medio ciclo, 60% en 5 ciclos y 50 ciclos 100% en 250ciclos

Fuente: (Electric, n.d.).

### Ilustración 5 Temporizadores



Fuente: (Garcia T, 2011).

#### 7.2. Manual de procesos y procedimientos

Un proceso se puede definir como una serie de tareas o actividades que se desarrollan en una secuencia lógica ya determinada de antemano, los cuales se relacionan entre sí para desarrollar un producto, puede ser un bien o un servicio, que es importante para el ciudadano, como lo es el alumbrado público.

### 7.3. Resultado del diagnóstico

La red del sistema de alumbrado público de la ciudad de Bogotá cuenta con 346.000 luminarias de las cuales 192.235 son luminarias de sodio,

Se hallan deficiencias en el servicio del alumbrado eléctrico, alto consumo energético, amplio espacio de tiempo entre el reporte de la incidencia y la atención por parte del técnico, 72 horas, ello sin contar con el tiempo que transcurre desde el momento del daño del fotocontrol hasta el reporte del mismo, ese tiempo no se tiene registrado, sin embargo en tal lapso de tiempo pueden transcurrir varios días, constituyéndose en un desperdicio de energía de 12 horas diarias si la luminaria permanece prendida.

Igualmente el DNP encontró fallas en la vigilancia y control por parte de las autoridades competentes, y de manera alarmante halló una ausencia en la gestión de los residuos dejados por el sistema de alumbrado público, acrecentando el peligro por su inadecuado manejo, ya que estas contienen químicos altamente tóxicos, nocivos tanto para la salud como para el medio ambiente.

Igualmente la UAESP ha resaltado la necesidad, lo mismo que el primer informe bienal, la necesidad de reemplazar por nuevas tecnologías el alumbrado público, en este caso tecnología led en las luminarias y temporizadores en el control de encendido y apagado.

## **8. Plan de mejoramiento**

### **8.1. Elementos constitutivos del plan de mejoramiento**

Correspondiente a la respuesta de las incidencias por parte de los grupos operativos dedicados a esta labor del sistema de alumbrado público en Bogotá D.C., se determinó el tiempo medio que gastan dichos grupos para encontrar la luminaria en falla, cuando la orden que están atendiendo, no viene relacionada a un rotulo de luminaria.

De los costos de bombilla, más fotocontrol, mas el costo de la mano de obra, empleada en el desarrollo de esta función se tienen \$871.258, al usar temporizadores el número de ordenes atendidas disminuye en un lapso de dos años, esta disminución beneficia a la empresa prestadora del servicio, ya que se incrementa la productividad del operario, al no manejar un volumen extenso de órdenes de trabajo.

### **8.2. Desarrollo del plan de mejoramiento**

El propósito final es mostrar cómo se mejoraría el rendimiento de los grupos técnicos en el mantenimiento de luminarias en falla, lo cual resultaría en una atención más rápida y oportuna a las órdenes generadas, y por tanto en una mejor percepción del servicio de alumbrado público.

### **8.3. Impacto del plan de mejoramiento**

Al comparar los dos equipos en condiciones de operación, se puede observar que el tiempo de mantenimiento y cambio de los componentes son iguales, para nuestro usuario final, el tipo de conexión de cada uno de ellos no es significativo, los dos están instalados en la luminaria, el consumo de energía de los equipos es igual en condiciones normales, los productos

son fabricados por el mismo proveedor y están instalados sobre la misma red de alumbrado público, tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 13 Comparación de equipos**

Comparación de equipos		
Actividad	Fotocontrol	Temporizadores
Tiempo de mantenimiento	1,1(horas)	1,1 (horas)
Conexión	Instalada en la luminaria (exterior)	Instalada en la luminaria (interior)
Tensión nominal	120/208/220/230/240/227 V	120/208/220/230/240/227 V
Consumo de energía en condiciones normales (noche & día)	120 V → ≤ 1,0 Wnoche & 0,2 Wdía	120 V → ≤ 1,0 Wnoche & 0,2 Wdía
	208 /220V → ≤ 1,5 Wnoche & 0,7 Wdía	208 /220V → ≤ 1,5 Wnoche & 0,7 Wdía
	240V → ≤ 1,6 Wnoche & 1,0 Wdía	240V → ≤ 1,6 Wnoche & 1,0 Wdía
	277V → ≤ 1,9 Wnoche & 1,1 Wdía	277V → ≤ 1,9 Wnoche & 1,1 Wdía
Fabricado por:	Inadisa	Inadisa
Infraestructura	Codensa S.A. ESP	Codensa S.A. ESP
Parque lumínico de Bogotá	346.000	346.000

Fuente: (Codensa, 2017)

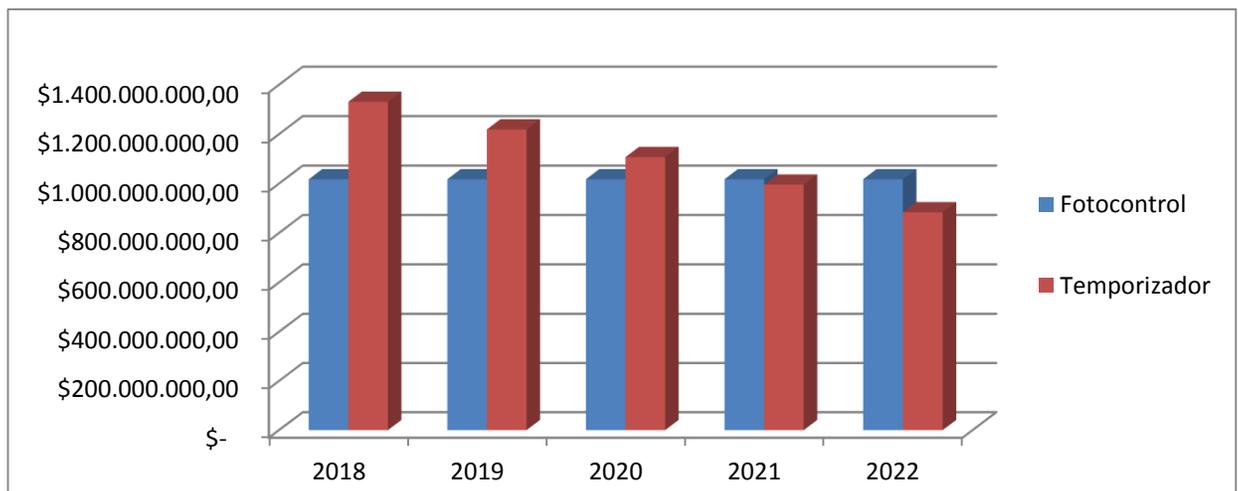
Al realizar una proyección económica con respecto a los costos del material del temporizadores y el fotocontrol , teniendo en cuenta las herramientas y equipos necesarios para atender las incidencias, se tiene que el valor de mano de obra usada en esta tarea es de \$29.631, para realizar el mantenimiento o instalación de equipos, en este trabajo se proyectó a cinco años, correspondiente al tiempo nominal de duración del temporizador, es decir, se contrastó el uso de temporizadores y el uso de fotocontroles en un lapso de tiempo de cinco años.

Para el año 2016 se registraron 155.092 órdenes de mantenimiento a las luminarias de la capital para reparar o cambiar el fotocontrol, de las cuales 40.092 órdenes, se habían reportado dos o más veces por los usuarios al call-center y otras requerían el cambio de toda la luminaria.

De esta manera si el costo unitario de un fotocontrol es de \$8.846 con una cantidad requerida anual de 115.000 ordenes por hurto y mantenimiento del mismo, en un lapso de 5 años, esto da como resultado \$1.017.290.000.

En el caso del temporizador el costo unitario es de \$16.000 y el parque lumínico tiene un total de 346.000 luminarias para cambiar en un periodo de cinco años, en este caso se realizó una proyección lineal que permita una capacidad de instalación óptima de los temporizadores como se muestra en la Tabla 15 Costos de material.

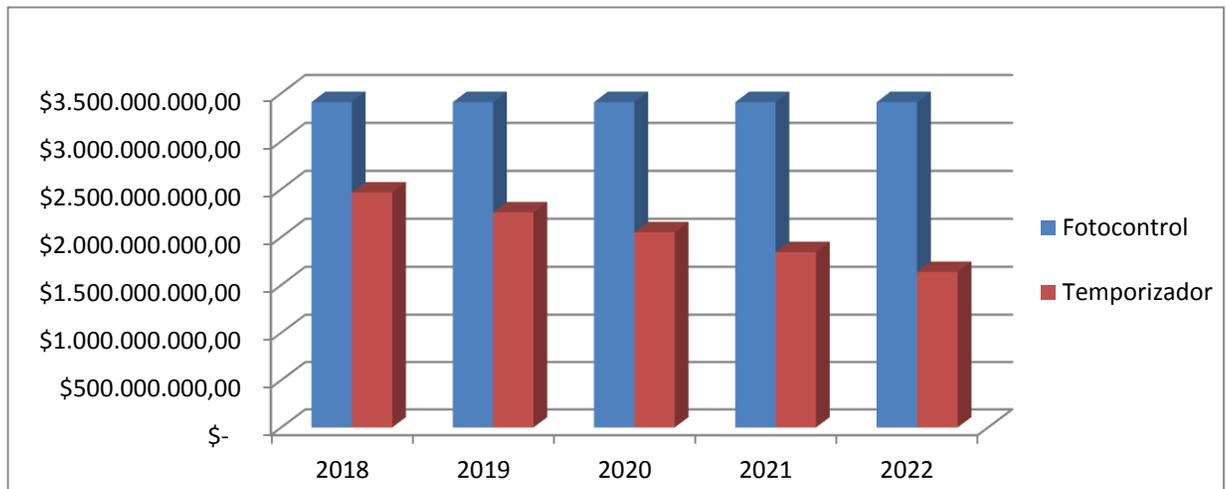
**Ilustración 6 Costo de material proyección a cinco años**



El costo anual de la mano de obra para el fotocontrol es de \$29.631 por 115.000 órdenes de trabajo da un total de \$3.407.565.000 anual.

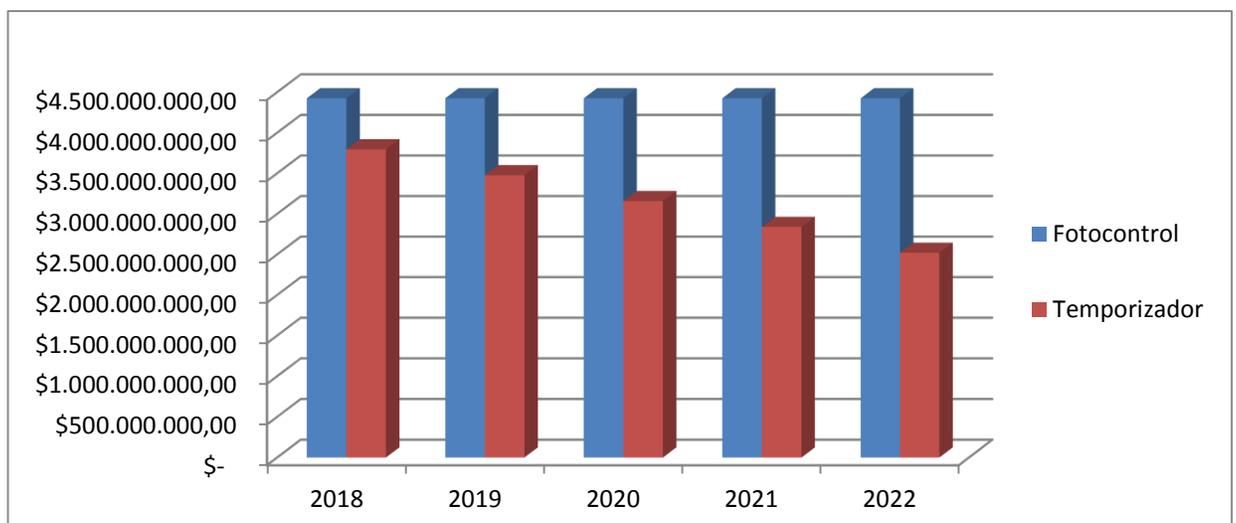
Para el temporizador el costo anual de mano de obra es de de \$29.631 y el parque lumínico tiene un total de 346.000 luminarias para cambiar en un periodo de cinco años, en este caso se realizó una proyección lineal que permita una capacidad de instalación óptima de los temporizadores como se muestra en la Tabla 16 Costos de mano de obra.

**Ilustración 7 Costo de mano de obra proyección a cinco años**



Para determinar el resultado final se realiza la sumatoria de costo de material y costo de mano de obra, de cada uno de los equipos utilizados.

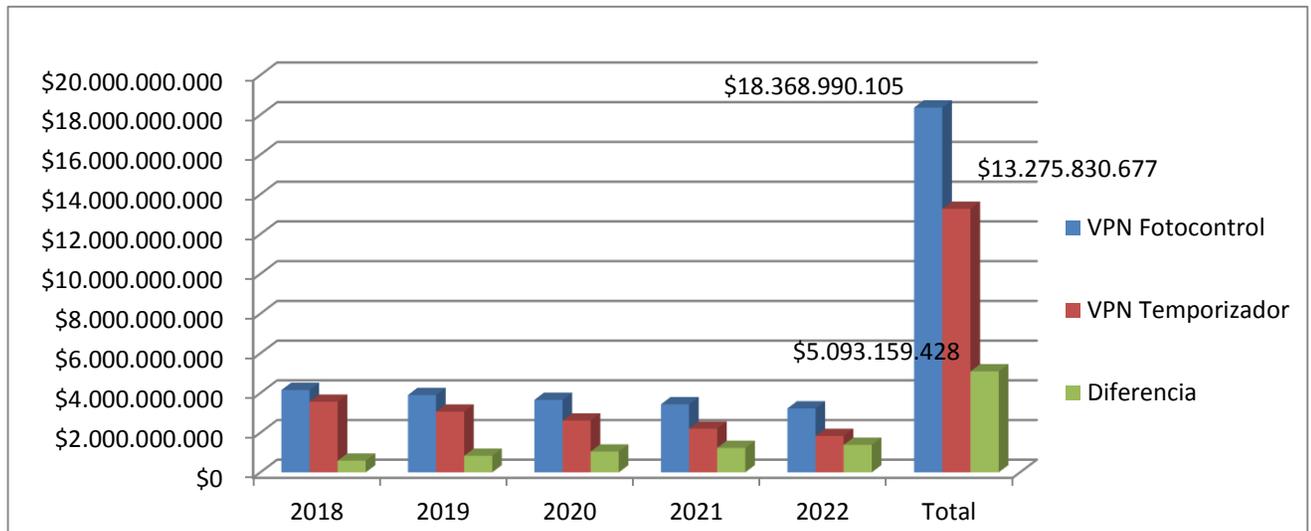
**Ilustración 8 Costo de material y mano de obra proyección a cinco años**



Los datos anteriores determinan que el valor presente de los costos de continuar el uso de fotocontroles es COP \$ 18.368.990.105 mientras que el valor presente de los costos de implementar el uso de temporizadores es COP\$ 13.275.830.677. Lo cual implica que a precios

presentes los costos de las dos opciones, a usar los temporizadores es menos costoso que usar los fotocontroles, estos datos determinan la viabilidad financiera del uso de temporizadores.

**Ilustración 9 Valor presente neto proyección a cinco años**



## 9. Resultados y discusión

Desde el punto de vista tecnológico se observa una clara superioridad del temporizador frente al fotocontrol, aunque su funcionalidad es la misma, la tecnología del primero hace que su vida útil sea superior en un 250%, debido que utiliza equipos electrónicos con tecnología de punta, su caparazón encierra totalmente los elementos internos y no depende de cambios ambientales para su funcionamiento (luz solar).

Observamos que los costos proyectados a cinco años, del cambio de fotocontroles por temporizadores, genera un ahorro presente de cinco mil millones de pesos para el distrito capital, más o menos dos millones de dólares. Con ello estaríamos contribuyendo a la comunidad capitalina; se brindaría una mayor eficiencia energética, reducción de elementos no reciclables, menor impacto ambiental, inversión en la ampliación y modernización del parque lumínico de la ciudad, influyendo en la percepción del usuario final.

Con la implementación de los temporizados electrónicos, al cabo de cinco años no utilizaríamos cerca de 229.000 unidades de fotocontroles, los cuales usualmente eran instalados en este periodo de tiempo, limitándonos siempre al parque lumínico de la ciudad y no permitiendo innovar en nuevas fuentes lumínicas, Así en solo temas de material tendríamos un ahorro significativo de más de dos mil millones de pesos.

Desde el punto de vista tecnológico los temporizadores tienen mejor desarrollo y desenvolvimiento, ya que son menos susceptibles a las inclemencias del clima de una ciudad como Bogotá, su uso oscila entre los 3600 y 5000 activaciones, igualmente por ser de uso interno

son menos propensos a los hurtos, en comparación con los fotocontroles usados actualmente que son de uso externo de la carcasa de la luminaria.

Desde el punto de vista de eficiencia energética los fotocontroles tienen la desventaja que cuando no funciona por deterioro o daño, la luminaria continua encendida hasta el momento del reporte de la incidencia, a partir del cual pasan 72 horas, es decir 36 horas día en que la luminaria está encendida, generando mayor consumo energético, mayores costos, tanto económicos como ambientales.

## 10. Conclusiones

Los costos económicos y ambientales por el gasto energético del alumbrado público en la ciudad de Bogotá es susceptible de análisis para la optimización del mismo, evaluar la eficiencia, y formular transformaciones tecnológicas y de procedimientos que posibiliten la reducción final de los gastos a mayor nivel de calidad en la prestación del servicio de alumbrado público.

La principal variable sobre la cual se debe actuar para la reducción de costos económicos igual que ambientales, es actuar sobre los componentes de las instalaciones, la optimización de los sistemas instalados, es decir, la renovación o la sustitución tecnológica sugerida por la ONU y ahora acogida por la UAESP, lo cual se traduce concretamente en el continuar y acelerar el cambio de a luminarias LED y el reemplazo de fotocontroles por temporizadores.

La implementación de temporizadores fortalece el sistema de alumbrado público, al hacer que el servicio sea más eficaz, se aproveche mejor el recurso energéticos, al suministrar adecuadamente la iluminación en los tiempos programados; el temporizador en costos es mayor, pero a largo plazo en la amortización de los gastos sale beneficiada la empresa prestadora del servicio, CODENSA; con ello se aporta al uso de nuevas tecnologías.

Al usar los temporizadores como alternativa al fotocontrol permite que Codensa reduzca los costos de atención en alumbrado público, ya que reduce los costos de los materiales, reduce las incidencias reportadas, reduciendo así los costos en la mano de obra, ya que la vida útil de los temporizadores es mayor, a la vez que es menos susceptible de ser objeto de robos o vandalismo; de la misma manera el consumo y el costo energético también se reduce, porque con el

temporizador no se corre el riesgo de que las luminarias se queden encendidas mermando el gasto energético, tanto económica como ambientalmente.

## **11. Recomendaciones**

Se recomienda el uso de temporizadores como reemplazo de los fotocontroladores, para el encendido y apagado de las luminarias, primero por su bajo costo a mediano plazo, y no es susceptible de robo, porque es de uso interno y segundo porque no existe un mercado negro para ellos.

Se recomienda realizar otros estudios que evalúen el mayor impacto económico para la economía de la ciudad al sustituir la totalidad de las luminarias por tecnología Led y de temporizadores.

Se recomienda realizar otros estudios donde se evalué el uso de los sensores de imán para la verificación del funcionamiento de los temporizadores. Para los sensores magnéticos, se evaluarán los incentivos que se pueden lograr al mejorar la eficiencia de los grupos operativos que hacen verificación y atención de las órdenes generadas.

## 12. Referencias bibliográficas

- Alcaldía. Decreto 113 (2016).
- Codensa. (2000). Especificaciones Técnicas Fotocontrol ET810.
- Codensa. (2016). Recomendaciones para diligenciar sus diseños Alumbrado Público.
- Codensa. ET204 Postes metálicos para alumbrado público (2017).
- Colombia. (2015). Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
- Contraloría. (2016). “Una Contraloría a liada con Bogotá.”
- DNP. (2017). Evaluación de Operaciones de la Política de Prestación de Servicio de Alumbrado Público. Bogotá, Col.
- Donado, M., & Hernández, F. (2013). Guía Metodológica para la Prestación del Servicio de Alumbrado Público.
- Electrics, C. (n.d.). Temporizador Astronómico NKG3.
- García T, C. E. (2011). Manual de procedimientos correctivos y preventivos de luminarias tipo exterior para bombillas Hid de Sodio y Halogenuros metálicos utilizadas en alumbrado público. *Universidad Tecnológica de Pereira*.
- González Hurtado, A. M. (2015). *Influencia del alumbrado público sobre la seguridad y la conducta*.
- Grafik, E., & Qs, E. (2017). unidad de control Atenuador de Luz Guía de instalación y funcionamiento.
- Gualdrón, L., & Rico Blanco, M. (2011). Estudio técnico – económico del sistema de iluminación de áreas comunes exteriores a los edificios del campus central de la universidad industrial de santander.
- Madrigal Bayonas, M. A. (2013). Medidas de Eficiencia Energética en alumbrado público exterior Índice. Cartagena, Esp.
- Martínez, A., & Afanador, E. (2013). Análisis de la situación energética de Bogotá y Cundinamarca.

Ministerio de Minas y Energía. (2009). RETILAP (pp. 1–243).

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución Número 180540 De 2010, RETILAP, 243.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Rodrigo, (2008), Riesgo y rendimiento, Gestión financiera,  
[https://es.slideshare.net/rodrigo\\_gestionfinanciera/riesgo-y-rendimiento-491870](https://es.slideshare.net/rodrigo_gestionfinanciera/riesgo-y-rendimiento-491870)

Banco de la república de Colombia, (2018), Tasa cero cupón pesos,  
<http://www.banrep.gov.co/es/tes>

Wilkinsonpc, DTF, (2017), <https://dolar.wilkinsonpc.com.co/dtf.html>

Dussan K, (2012), Gerencia financiera, Herramientas financieras de evaluación,  
<https://es.slideshare.net/karlosdussan/24-vpn-o-van>

Ruiz M, (2011), Calculo del valor anual equivalente ejemplo 1,  
<https://www.youtube.com/watch?v=01lrs5l3NjY>

Naranjo Molina, D. A. (2017). Estudio de viabilidad para la implementacion de temporizadores y sensores magneticos en las luminarias de la red de alumbrado publico en bogota d.c. 2017.

## Anexos

Valor presente neto

Es la formula financiera que nos permite saber cuánto se puede llegar a ganar o perder en algunos momentos dados, si se decide hacer una inversión durante un tiempo y a un costo de oportunidad estimado (Dussan, 2012). Donde

$$VPN = -I + \sum_{i=?}^{n=?} \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad (1)$$

VPN: Valor presente neto

I: Inversión inicial

i= Costo de oportunidad (TIO)

n: Momento dado

Fn: Flujo de caja

Dado que en el proyecto no contamos con inversión inicial la formula queda de la siguiente manera.

$$VP = \sum_{i=?}^{n=?} \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Valor anual equivalente

Para proyectos donde no se generan ingresos al flujo de caja, debido a que este busca prestar un servicio al menor costo posible, lo que se busca es un indicador que nos brinde una distribución inicial a lo largo del proyecto, esta distribución es equitativa en cada año.

Matemáticamente equivale a repartir equitativamente el VPN obtenido en el año 0, se expresa de la siguiente manera.

$$VAE = VPN \left[ + \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] \quad (3)$$

VAE: Valor anual equivalente

VPN: Valor presente neto

i: Costo de oportunidad (Tío)

Calculo del modelo CAPM

El Modelo CAPM establece que el rendimiento de un activo o un portafolio es igual a la tasa libre de riesgo más un premio por el riesgo que tiene esa inversión medido por el coeficiente Beta, esto se puede explicar con la siguiente formula (Rodrigo, 2008).

$$R_e = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (4)$$

Donde

$R_e$ : Tasa de interés esperada

$R_f$ : Rentabilidad esperada del activo sin riesgo

$\beta$ : Rentabilidad industrial periodo que oscila entre (2 y 5 años)

$(R_m - R_f)$ : Prima de riesgo del mercado

$R_m$ : Rentabilidad del mercado

Calculo del valor  $\beta$ , es un factor de medida del riesgo de inversión, se puede determinar revisando la bolsa de valores y evaluando la rentabilidad de las empresas del sector económico del proyecto a desarrollar, respecto a la rentabilidad del mercado (Rodrigo, 2008).

$$\beta = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2} \quad (5)$$

Donde

$\sigma_{im}$ : Covarianza con el mercado

$\sigma_m^2$ : Varianza de mercado

$\beta < 1$  Menos riesgo que el mercado

$\beta = 1$  Riesgo de mercado

$\beta > 1$  Más riesgo que el mercado

**Tabla 14 Cálculo del factor Beta**

Calculo del factor $\beta$ (Sector Eléctrico)			Proyecto		Mercado	
Periodo	Rentabilidad EEB (%)	Rentabilidad ISA (%)	Suma (Xi-Xprom)	Producto((Xi-Xprom)*(Yi-Yprom))	Suma(Yi-Yprom)	Suma(Yi-Yprom) <sup>2</sup>
2016-12	1,350%	2,886%	-0,00003751	-0,0000000297	0,0008	0,000000628
2017-1	1,358%	2,727%	0,00003751	-0,0000000297	-0,0008	0,000000628
Promedio	1,354%	2,807%				

**Tabla 15 Cálculo del factor Beta**

Covarianza con el mercado	Varianza de mercado	$\beta$
-0,0000000297	0,000000628	-0,04729299

**Tabla 16 TES Criterio económico (Rentabilidad esperada del activo sin riesgo)**

Fecha	1 año	5 años	10 años	Fecha	1 año	5 años	10 años	Fecha	1 año	5 años	10 años
31/01/2003	10,28%	15,41%	15,72%	29/07/2005	7,11%	9,51%	11,39%	31/01/2008	10,26%	11,05%	11,16%
28/02/2003	10,80%	16,26%	15,92%	31/08/2005	7,11%	9,36%	10,87%	29/02/2008	10,67%	11,44%	11,54%
31/03/2003	10,11%	16,03%	14,60%	30/09/2005	5,83%	7,66%	8,98%	31/03/2008	10,66%	11,55%	11,58%
30/04/2003	10,24%	15,37%	16,06%	31/10/2005	6,30%	8,63%	9,76%	30/04/2008	10,41%	11,00%	10,94%
30/05/2003	10,14%	14,65%	15,04%	30/11/2005	5,63%	8,35%	9,61%	30/05/2008	10,67%	11,58%	11,45%
27/06/2003	9,74%	14,19%	15,13%	29/12/2005	6,08%	8,04%	9,27%	27/06/2008	10,85%	12,82%	12,71%
31/07/2003	10,02%	14,66%	15,16%	31/01/2006	6,06%	7,52%	8,43%	31/07/2008	10,87%	12,74%	12,52%
29/08/2003	9,74%	14,20%	15,26%	28/02/2006	6,02%	6,81%	7,28%	29/08/2008	10,22%	11,50%	11,39%
30/09/2003	9,99%	14,74%	15,53%	31/03/2006	6,26%	7,31%	7,86%	30/09/2008	10,35%	12,09%	12,24%
31/10/2003	10,00%	14,62%	14,59%	28/04/2006	6,49%	8,49%	9,11%	31/10/2008	10,44%	12,73%	13,69%
28/11/2003	9,84%	13,87%	14,86%	31/05/2006	8,16%	9,82%	9,94%	28/11/2008	9,90%	11,54%	12,67%
30/12/2003	10,32%	13,85%	14,94%	30/06/2006	8,37%	10,90%	10,99%	30/12/2008	9,38%	10,33%	10,91%
30/01/2004	10,15%	13,47%	14,39%	31/07/2006	7,89%	9,72%	9,66%	30/01/2009	9,03%	9,59%	9,80%
27/02/2004	8,96%	12,48%	14,40%	31/08/2006	8,25%	9,41%	9,51%	27/02/2009	8,49%	9,48%	10,03%
31/03/2004	8,92%	11,78%	13,30%	29/09/2006	8,21%	9,55%	9,62%	31/03/2009	6,99%	9,04%	10,12%
30/04/2004	10,77%	13,00%	12,58%	31/10/2006	8,07%	9,21%	9,34%	30/04/2009	6,27%	7,98%	9,25%
31/05/2004	9,35%	13,82%	14,69%	30/11/2006	7,95%	9,29%	9,34%	29/05/2009	5,94%	8,10%	9,43%
30/06/2004	9,15%	13,97%	15,24%	28/12/2006	7,96%	8,95%	9,04%	30/06/2009	5,61%	8,81%	10,09%
30/07/2004	9,23%	14,18%	15,44%	31/01/2007	8,38%	9,45%	9,45%	30/07/2009	4,85%	8,78%	9,62%
31/08/2004	8,86%	13,39%	15,13%	28/02/2007	8,84%	9,68%	9,83%	31/08/2009	4,89%	8,96%	10,25%
30/09/2004	8,62%	13,18%	14,61%	30/03/2007	8,77%	9,99%	9,88%	30/09/2009	4,71%	8,59%	9,68%
29/10/2004	8,98%	12,90%	14,64%	30/04/2007	9,15%	10,17%	10,01%	30/10/2009	4,67%	7,75%	8,98%
30/11/2004	8,49%	12,46%	13,93%	31/05/2007	9,15%	9,95%	9,84%	30/11/2009	3,79%	6,89%	8,42%
30/12/2004	8,39%	11,88%	13,60%	29/06/2007	9,63%	9,88%	9,91%	30/12/2009	4,10%	7,28%	9,04%
31/01/2005	7,70%	11,56%	13,50%	31/07/2007	9,56%	10,01%	9,91%	29/01/2010	4,74%	8,19%	9,33%
28/02/2005	7,78%	11,37%	13,22%	31/08/2007	9,83%	10,77%	10,60%	26/02/2010	4,16%	8,55%	9,56%
31/03/2005	7,78%	12,18%	13,59%	28/09/2007	9,59%	10,35%	10,18%	31/03/2010	4,42%	8,44%	9,32%
29/04/2005	7,37%	11,47%	13,69%	31/10/2007	9,56%	10,35%	10,17%	30/04/2010	4,40%	8,10%	8,84%

31/05/2005	7,29%	10,94%	13,41%	30/11/2007	9,47%	10,23%	10,20%	31/05/2010	3,99%	7,86%	8,60%
30/06/2005	7,08%	9,88%	12,45%	21/12/2007	9,87%	10,35%	10,30%	30/06/2010	4,03%	7,48%	8,48%
Fecha	1 año	5 años	10 años	Fecha	1 año	5 años	10 años	Fecha	1 año	5 años	10 años
30/07/2010	4,00%	7,13%	8,06%	31/01/2013	4,24%	4,76%	5,30%	31/07/2015	4,64%	6,29%	7,78%
31/08/2010	3,89%	6,77%	7,71%	28/02/2013	4,04%	4,51%	5,09%	31/08/2015	5,06%	6,89%	8,34%
30/09/2010	3,92%	6,76%	7,89%	27/03/2013	3,58%	4,43%	5,11%	30/09/2015	5,64%	7,50%	8,63%
29/10/2010	3,83%	6,46%	7,50%	30/04/2013	3,69%	4,49%	5,09%	30/10/2015	5,47%	7,37%	8,25%
30/11/2010	3,78%	6,97%	8,21%	31/05/2013	3,98%	5,31%	6,12%	30/11/2015	6,20%	7,68%	8,71%
30/12/2010	4,37%	7,33%	8,24%	28/06/2013	4,33%	6,39%	7,13%	30/12/2015	6,50%	7,94%	8,88%
31/01/2011	4,37%	7,66%	8,48%	31/07/2013	4,20%	6,56%	7,50%	29/01/2016	6,61%	8,26%	9,21%
28/02/2011	4,96%	8,10%	8,86%	30/08/2013	4,55%	6,79%	7,76%	29/02/2016	6,80%	8,43%	9,19%
31/03/2011	4,88%	8,03%	8,78%	30/09/2013	4,26%	6,43%	7,32%	31/03/2016	6,88%	7,67%	8,34%
29/04/2011	4,99%	7,76%	8,70%	31/10/2013	4,18%	6,14%	6,92%	29/04/2016	7,12%	7,66%	8,20%
31/05/2011	5,17%	7,49%	8,31%	29/11/2013	4,12%	6,36%	7,34%	31/05/2016	7,28%	7,62%	8,17%
30/06/2011	5,19%	7,07%	7,86%	30/12/2013	4,18%	6,29%	7,30%	30/06/2016	6,85%	6,98%	7,60%
29/07/2011	5,28%	6,93%	7,80%	31/01/2014	4,35%	6,63%	7,63%	29/07/2016	7,10%	7,25%	7,62%
31/08/2011	5,28%	6,62%	7,49%	28/02/2014	4,25%	6,62%	7,62%	31/08/2016	7,31%	7,09%	7,52%
30/09/2011	5,18%	6,76%	7,65%	31/03/2014	4,14%	5,93%	6,77%	30/09/2016	6,85%	6,55%	7,06%
31/10/2011	5,58%	6,92%	7,66%	30/04/2014	4,35%	6,03%	6,77%	31/10/2016	6,93%	6,74%	7,47%
30/11/2011	5,68%	7,07%	7,80%	30/05/2014	4,53%	6,05%	6,63%	30/11/2016	6,85%	6,76%	7,46%
29/12/2011	5,60%	7,12%	7,84%	27/06/2014	4,70%	6,24%	6,90%	29/12/2016	6,62%	6,62%	7,24%
31/01/2012	5,63%	6,96%	7,49%	31/07/2014	4,77%	6,26%	6,97%	31/01/2017	6,53%	6,55%	6,99%
29/02/2012	5,72%	6,96%	7,44%	29/08/2014	4,81%	5,99%	6,73%				
30/03/2012	5,56%	6,71%	7,37%	30/09/2014	4,87%	6,21%	7,21%				
30/04/2012	5,48%	6,58%	7,21%	31/10/2014	4,82%	5,90%	6,95%				
31/05/2012	5,49%	6,67%	7,26%	28/11/2014	4,66%	5,68%	6,97%				
29/06/2012	5,47%	6,40%	7,13%	30/12/2014	4,94%	6,31%	7,53%				
31/07/2012	5,28%	5,99%	6,77%	30/01/2015	4,53%	5,61%	6,99%				
31/08/2012	4,83%	5,88%	6,76%	27/02/2015	4,55%	5,54%	6,98%				
28/09/2012	4,77%	5,70%	6,45%	31/03/2015	4,84%	6,13%	7,42%				
31/10/2012	4,86%	5,57%	6,26%	30/04/2015	4,70%	5,88%	7,22%				
30/11/2012	4,92%	5,45%	6,00%	29/05/2015	4,68%	5,98%	7,37%				
28/12/2012	4,39%	5,16%	5,71%	30/06/2015	4,61%	6,32%	7,89%				

Fuente: ( Banco de la república de Colombia, 2018).

La tasa para depósitos a término fijo (DTF) es un tipo de interés que se calcula a partir del promedio ponderado semanal por monto de las tasas promedios de captación diarias de los Certificados de Depósitos a Término a 90 días (DTF, 2017).

**Tabla 17 DTF Cuarta Semana De Febrero**

DTF	
fecha	Precio
Domingo 26 de Febrero del 2017	6.72%
Sábado 25 de Febrero del 2017	6.72%
Viernes 24 de Febrero del 2017	6.72%
Jueves 23 de Febrero del 2017	6.72%
Miércoles 22 de Febrero del 2017	6.72%
Martes 21 de Febrero del 2017	6.72%
Lunes 20 de Febrero del 2017	6.72%

Fuente: ( DTF, 2017).

**Tabla 18 DTF Tasa de interés esperada**

Rentabilidad esperada			
Tés (Colombia)	1 año	5 año	10 año
	0,0653	0,0655	0,0699

Rentabilidad de mercado	
DTF (90 días)	
	0,0672

Rentabilidad industrial	
$\beta$	
	-0,047328

$$R_e = 0,0653 - (-0,04729299) * (0,0672 - 0,0653) = 0,065389$$

Re=0,065389 Tasa de interés esperada

$$VP = \sum_{i=?}^{n=?} \frac{Fn}{(1+i)^n} \quad (2)$$

En esta oportunidad solo se tendrá en cuenta a analizar el costo de material y mano de obra, para el cálculo del valor presente neto proyectado a 5 años.

Basados en la información del parque lumínico de Bogotá se tiene 346.000 luminarias instaladas en las 20 localidades de la ciudad, y se distribuyen mediante una proyección lineal que nos permite una capacidad de instalación óptima de los temporizadores.

Según información de (Codensa, 2016) se instalan 115.000 fotocontroles anualmente por hurto o equipos indisponibles.

**Tabla 19 Costos de material y mano de obra**

Costos material y mano de obra		
Actividad	Fotocontrol	Temporizadores
Costo de material	\$ 8.846	\$ 16.000
Cantidad requerida año 1	115.000	83.172
Costo de mano de obra	\$ 29.631	\$ 29.631
Vida útil	2 años	5 años

Fuente: (Codensa, 2017).

Teniendo los datos específicos se procede a realizar la proyección a cinco años, tal como se muestra en la tabla costos de material.

Para lograr este resultado se tuvo en cuenta el costo de material y la cantidad de equipos a instalar en cada uno de los años para el temporizador.

En el caso del fotocontrol se mantuvo el costo de material y la cantidad de órdenes atendidas en los cinco años.

**Tabla 20 Costos de material**

Costos de material	
Fotocontrol	Temporizadores

Periodo	Cantidad de Ordenes AP	Costo de Material	Cantidad de Ordenes AP	Costo de Material
2018	115000	\$ 1.017.290.000	83172	\$ 1.330.752.000
2019	115000	\$ 1.017.290.000	76186	\$ 1.218.976.000
2020	115000	\$ 1.017.290.000	69200	\$ 1.107.200.000
2021	115000	\$ 1.017.290.000	62214	\$ 995.424.000
2022	115000	\$ 1.017.290.000	55228	\$ 883.648.000

Fuente: (Codensa, 2017).

Para lograr este resultado se tuvo en cuenta el costo de mano de obra y la cantidad de equipos a instalar en cada uno de los años para el temporizador.

En el caso del fotocontrol se mantuvo el costo de mano de obra y la cantidad de órdenes atendidas en los cinco años.

**Tabla 21 Costos de mano de obra**

Costos de mano de obra				
	Fotocontrol		Temporizadores	
Periodo	Cantidad de Ordenes AP	Costo de Mano de Obra	Cantidad de Ordenes AP	Costo de Mano de Obra
2018	115000	\$ 3.407.565.000	83172	\$ 2.464.469.532
2019	115000	\$ 3.407.565.000	76186	\$ 2.257.467.366
2020	115000	\$ 3.407.565.000	69200	\$ 2.050.465.200
2021	115000	\$ 3.407.565.000	62214	\$ 1.843.463.034
2022	115000	\$ 3.407.565.000	55228	\$ 1.636.460.868

Fuente: (Codensa, 2017)

Para determinar el resultado final se realiza la sumatoria de costo de material y costo de mano de obra, de cada uno de los equipos utilizados.

**Tabla 22 Costos total material y mano de obra**

Costo total material y mano de obra		
Periodo	Fotocontrol	Temporizador
2018	\$ 4.424.855.000	\$ 3.795.221.532

2019	\$ 4.424.855.000	\$ 3.476.443.366
2020	\$ 4.424.855.000	\$ 3.157.665.200
2021	\$ 4.424.855.000	\$ 2.838.887.034
2022	\$ 4.424.855.000	\$ 2.520.108.868

Para desarrollar el cálculo del valor presente neto se usó la tasa de interés de oportunidad del 0,065389 y cada uno de los valores de la tabla costos total material y mano de obra.

**Tabla 23 Calculo del valor presente**

Calculo del Valor Presente	
Tío (tasa interna de oportunidad)	$(1+Tio)^n$
0,065389	1,065389
0,065389	1,135053721
0,065389	1,209273749
0,065389	1,28834695
0,065389	1,372590669

Luego de traer cada uno de los valores anuales de costos a valor presente, se puede identificar que instalando los Temporizadores Codensa S.A se ahorraría \$5.093.159.428.

**Tabla 24 Calculo del valor presente**

Periodo	VP Fotocontrol	VP Temporizador	Diferencia
2018	\$ 4.153.276.409	\$ 3.562.287.138	\$ 590.989.271
2019	\$ 3.898.366.145	\$ 3.062.800.730	\$ 835.565.415
2020	\$ 3.659.101.178	\$ 2.611.207.927	\$ 1.047.893.251
2021	\$ 3.434.521.267	\$ 2.203.511.277	\$ 1.231.009.990
2022	\$ 3.223.725.106	\$ 1.836.023.605	\$ 1.387.701.501
Total	\$ 18.368.990.105	\$ 13.275.830.677	\$ 5.093.159.428

**Tabla 25 Calculo del valor anual equivalente**

	VP Fotocontrol	VP Temporizador
--	----------------	-----------------

VP	\$ 18.368.990.105	\$ 13.275.830.677
Periodo	5 años	
i	0,065389	
VAE	\$ 4.424.855.000	\$ 3.197.977.974

Manual de procedimiento: mantenimiento luminarias

Tomado de (Garcia T, 2011)

Todos los equipos, instalaciones y montajes, reciben durante su vida útil, influencia de las condiciones de operación y del medio donde está operando, esta influencia puede afectar de varias formas las condiciones iniciales de su funcionamiento y las características físicas o químicas existentes inicialmente, disminuyendo su vida útil, por lo tanto es esencial llevar a cabo inspecciones y mantenimiento a todos los elementos de la instalación periódicamente.

Por los costos crecientes de la mano de obra y los desplazamientos de los carros de mantenimiento, cada vez se hace más necesario agrupar las operaciones de inspección, mantenimiento, limpieza y reemplazo, mediante mantenimientos sistemáticos y reducir a un mínimo el mantenimiento fuera del programa.

Los trabajos de mantenimiento de las luminarias tipo exterior utilizadas en alumbrado público se clasifican en dos grupos, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo como se describe a continuación:

#### 4.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo de las luminarias de alumbrado exterior consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible, con el desempeño para el que fueron diseñadas.

Las actividades que componen el mantenimiento correctivo son:

Adecuación de instalaciones. Detección de averías.

Para la ejecución del mantenimiento correctivo es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Reemplazar las bombillas y donde sea necesario, los equipos auxiliares y cerciorarse que el casquillo de la bombilla este perfectamente adaptado o coincida con el portalámparas.

Revisar el encendido, apagado y el correcto funcionamiento del dispositivo de encendido de la luminaria

Limpiar las bombillas y el conjunto óptico de las luminarias. Realizar el mantenimiento mecánico y eléctrico de la luminaria, coordinar con las entidades municipales competentes la poda de los 32 árboles circundantes a los equipos de iluminación, para despejar el cono de intensidad máxima de cada luminaria.

El mantenimiento preventivo de las luminarias de alumbrado exterior debe determinar las acciones para evitar o eliminar las causas de las fallas potenciales del sistema y prevenir su

ocurrencia, mediante la utilización de técnicas de diagnóstico y administrativas que permitan su identificación.

Dentro de las técnicas de diagnóstico se deben considerar las mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red, niveles de armónicos así como la medición de parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes.

#### 4.3 Mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias

La persona encargada de la operación y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias será responsable de mantenerlas en condiciones seguras por lo tanto deben garantizar que se cumplan las disposiciones del reglamento que establece los requisitos que deben cumplir los sistemas de alumbrado exterior y verificar que estas conexiones no presenten ningún riesgo para la salud o la vida de las personas, animales o el medio ambiente.

##### 4.3.1 Inspección y mantenimiento de la acometida de las luminarias

Los conductores para acometida se usan para conectar la red secundaria con el equipo o luminaria, se debe tener en cuenta la potencia de la luminaria que se va alimentar, con el fin de realizar la correcta selección del conductor que se debe utilizar. Al realizar el mantenimiento de la luminaria se debe observar el estado del conductor de la acometida, verificar que el calibre del conductor sea el indicado para la red que se está usando y su correcta conexión.

En el mantenimiento e inspección de la acometida y las demás instalaciones eléctricas de las luminarias se debe observar el estado de dichas instalaciones, verificando los siguientes puntos:

Verificar que los empalmes no presente sulfatación. Observar el estado de los conectores, en muchos casos se aflojan o pierden su hermeticidad. No se recomienda empalmes en el tramo de la acometida, se recomienda que el cable sea continuo desde la red hasta la luminaria. No utilizar cables de diferente calibre, utilizar un solo calibre en los tramos de la instalación.

En las conexiones eléctricas se debe tener en cuenta los tipos de conectores permitidos por la norma que rige los sistemas de alumbrado.

Las luminarias y proyectores deben tener la siguiente protección de los conductores y los aislamientos del alambrado de las luminarias

Los conductores deben estar bien sujetos de modo que no se produzca cortadura ni abrasión de aislamiento.

En el interior de los brazos de las luminarias de alumbrado no pueden existir empalmes o conexiones.

Los conductores se deben instalar de modo que el peso del aparato de alumbrado o sus partes móviles no los sometan a tensión mecánica.

En los procedimientos de mantenimiento preventivo se debe observar el estado de la acometida verificando que el calibre del conductor utilizado sea el adecuado, además debemos verificar las conexiones observando el estado de los conectores y empalmes en caso de existir.

De igual forma dicho procedimiento se debe llevar a cabo en las acciones de mantenimiento correctivo para descartar que la acometida presente irregularidades y así verificar

su funcionamiento correcto, asegurándose que el conductor, los conectores y los empalmes se encuentren en buen estado.

#### 4.4 Inspección de las instalaciones eléctricas de las luminarias

Los operarios encargados del mantenimiento de las instalaciones eléctricas de las luminarias deben seguir los siguientes pasos en la supervisión de dicha instalación eléctrica:

##### a. Inspección visual

Es la inspección física que se le realiza a la acometida y demás instalaciones eléctricas de la luminaria, esta se realiza recorriéndola desde el punto de empalme hasta el último elemento del circuito. La inspección visual permite hacerse una idea globalizada de la instalación y de las condiciones técnicas de esta, revisando los siguientes aspectos:

##### Puntos de empalme

Verificar el estado de los conductores, conectores, puestas a tierra y demás empalmes que pueda presentar la instalación eléctrica de las luminarias. En este punto se debe verificar:

La posición de las cajas de los fotocontroles. Revisar la sección del conductor. Verificar la continuidad de líneas. Revisar las puestas a tierra y su conductor.

Medición y ensayos de la instalación En esta etapa de la supervisión se recurre al uso de instrumentos para verificar:

Continuidad de los conductores, de la puesta a tierra y de las Protecciones. Verificación de polaridades. Ensayos de tensión. Ensayos de funcionamiento.