

Rediseño de la Red de Alumbrado Público de la Calle 61 hasta el Puente el Bueno en el  
Municipio de Bucaramanga, conforme a la Normativa RETILAP.

Carlos Daniel Castillo Vásquez y Leider Yohan Santos López

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Rolando Andrés Rincón Saravia

Ingeniero electricista, Especialista en gerencia de proyectos.

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

PhD. en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2024

### **Agradecimiento**

El principal agradecimiento es para Dios todo poderoso, virgen maría y Jesús de Nazaret.

A mis padres María Vicenta Vásquez y Fausto Castillo Estupiñán quienes me acompañaron en esta aventura que significo mi carrera como ingeniero y que, de forma incondicional, entendieron mi ausencia, a ellos que forman parte de mi vida y que desde un principio hasta el día de hoy siguen dándome ánimo para alcanzar las metas y objetivos propuestos.

A mi esposa Angela Teresa Castillo quien estuvo conmigo en toda ocasión y en los malos momentos fue mi fortaleza, mi mano derecha en que el estudio ocupo mi tiempo y esfuerzo para la crianza de nuestros hijos Emmanuel & María José, esta dedicación es para ustedes quienes han sido mi fuente de inspiración y motivación. Gracias por toda tu ayuda y comprensión en este proceso.

A mi suegrita Mireya Valencia por su apoyo incondicional para mi esposa, mis hijos y para mí; quien me ha brindado su mano en este proceso. Gracias por la ayuda constante, por cada consejo, esa confianza que me brindo desde el primer instante al abrirme las puertas de su casa.

A mi hermano Lewis Castillo Vásquez por su comprensión y estimulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi gran amigo Daniel Caicedo Sánchez quien fue el impulsor en esta carrera. a mi compañero de trabajo de grado Leider Yohan, quien me acompaño en todo este proceso y me permitió entrar en su vida durante todo este tiempo. Agradezco de corazón a nuestro A nuestro director del trabajo de grado el Ing. Rolando Andrés Rincón Saravia por sus consejos, el a todos mil gracias, Dios los bendiga.

*Carlos Daniel Castillo Vásquez*

### **Agradecimiento**

A mi madre, Alba Patricia, a quien ha sacrificado tanto por mí, le dedico este logro. Su amor incondicional y sacrificio inquebrantable han sido pilar de mi vida. Alentándome cada día. En primer lugar, agradezco a Dios por haberla cuidado durante las largas noches de salud, en mi abandono, por escuchar mis súplicas en los momentos más difíciles. Gracias a su guía y sabiduría, he podido lograr este proceso tan significativo.

Mi gratitud incondicional también va para mi tía Emilcen, quien siempre creyó en mí, y a mis demás tías y primos. Sin su apoyo, oraciones y esfuerzos, no ha sido posible. Siempre han sido una motivación constante.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en este viaje, les agradezco enormemente. A Daniel castillo por aceptar mi propuesta en este proyecto y a cada uno de mis compañeros de lucha he aprendido, no solo por su compañía, sino también por compartir sus habilidades y su respaldo para enfrentar cada desafío.

Y a mí prometida, Yuleidy Barón, a quien le agradezco por ser una fuente constante de inspiración y motivación. A pesar de las dificultades, Gracias por su paciencia y comprensión, por motivarme en las largas horas de estudio, por ser mi compañera leal en las adversidades.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mis profesores quien han compartido su conocimiento y experiencia, Agradezco también a la Universidad Industrial de Santander y a la escuela E3T por ofrecerme una educación de excelencia, que me enriqueció de destrezas en nuevos desafíos de mi desarrollo profesional.

Mi gratitud se extiende a los docentes, así como al personal administrativo y técnico, su compromiso y entrega han sido fundamentales en la formación de futuros profesionales.

¡Eternamente agradecido!

**Leider Yohan Santos López**

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos General .....	13
1.2 Objetivo Específicos .....	13
<b>2. Marco Conceptual.....</b>	<b>14</b>
2.3 Metodología costo anual uniforme equivalente (CAUE) .....	14
<b>3. Metodología .....</b>	<b>16</b>
3.1 Diseño eléctrico .....	16
3.2 Diseño Fotométrico.....	23
3.3 Presupuesto total del proyecto .....	24
<b>4. Especificaciones Técnicas.....</b>	<b>25</b>
4.1 Generalidades.....	25
4.1.1 Alcance del proyecto.....	25
4.1.2 Normas y reglamento.....	27
4.2 Especificaciones técnicas e instalación de materiales. ....	27
4.3 Bornas de terminales y conectores de derivación.....	27
4.4 Sistema de puesta a tierra (SPT). ....	28
4.5 Postes .....	28
4.6 Equipos de iluminación.....	29
4.6.1 Luminaria de Referencia road force brp-481 y 482.....	29

4.7 Transformador de potencia. ....	30
4.8 Medidor trifásico p2000-D. ....	30
4.9 Electrobomba sumergible .....	30
<b>5. Resultados.....</b>	<b>31</b>
5.1 Diseño eléctrico. ....	31
5.1.1 Análisis, cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis del factor de potencia y armónicos. (A). ....	31
5.1.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.....	32
5.2 Análisis de cortocircuito y falla a tierra. (C) .....	33
5.2.1 Acometidas .....	33
5.2.2 Cálculo de canalizaciones (tubo, ductos, cajas, tableros etc.) .....	34
5.2.3 Planos, civiles y esquemas eléctricos para construcción .....	34
5.3 Diseño fotométrico.....	35
5.3.1 Selección de las luminarias .....	35
5.3.2 Diseño geométrico y sistema de montaje.....	35
5.3.3 Sistemas de alimentación, comando y control eléctrico .....	36
5.3.4 Instalación del alumbrado de emergencia y seguridad .....	37
5.4 Análisis económico.....	37
5.5 Presupuesto .....	38
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>40</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>41</b>

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Valores mínimos de vida útil de los equipos .....	14
Tabla 2. Diseño detallado desde el punto A hasta el punto X. ....	17
Tabla 3. Especificación técnica de las luminarias utilizadas .....	24
Tabla 4. Cálculo de CAUE. ....	38
Tabla 5. Presupuesto general .....	39

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Diagrama Polar de Distribución de Intensidad Luminosa (cd/klm) en los Planos C0 C180 y C90-C270, potencia 24.0 W / 55.6 w.....	23
Figura 2. Ubicación del proyecto Calle 61 hasta el puente el Bueno (fuente Google Earth). .....	26
Figura 3. BRP481 LED96 NW 55W DML.IES (unilateral Arriba) Esquema Dimensional de la Instalación del Poste de Alumbrado Público .....	28

## Glosario

**APUS:** el análisis de precio unitario (APUS) es el examen detallado que se hace a una unidad de obra con la finalidad de conocer por separado, sus características constructivas y los elementos de costos que lo componen para sacar conclusiones y establecer su precio previo a la construcción y demostrar lógicamente su valor monetario.

**CAUE:** costo anual uniforme equivalente (CAUE) es un método que sirve para aceptar o rechazar un proyecto en el cual una empresa piense en invertir, teniendo en cuenta que todo depende de la utilidad que este brinde en el futuro frente a los ingresos y a las tasas de interés con las que se evalúe.

**Corredor Vial:** vía particularmente diseñada/adaptada para un paso preferente de determinado tipo de vehículo a una velocidad superior al promedio, con paraderos que no afectan el flujo.

**Diseño Fotométrico:** diseño del Alumbrado Público encargado de asignar la luminancia e iluminancia mínima requerida por el reglamento de iluminación vigente RETILAP.

**NTC 2050:** es una norma acorde a la invención de tecnologías en un ámbito global relacionadas a la eficiencia energética, sin dejar de lado las técnicas y materiales que se pueden implementar e las instalaciones eléctricas.

**Perfil de vía M2:** se considera perfil de vía M2 a las vías de acceso controlado y vías rápidas.

**PQRS:** El Sistema de Peticiones, Quejas, Reclamos y Sugerencias (PQRS) es una herramienta que nos permite conocer las inquietudes y manifestaciones que tienen nuestros grupos de interés para que tengamos la oportunidad de fortalecer nuestro servicio y seguir en el camino hacia la excelencia operativa.

## Resumen

**Título:** Rediseño de la red de alumbrado público de la calle 61 hasta el puente el bueno en el municipio de Bucaramanga, conforme la normativa RETILAP\*.

**Autor:** Carlos Daniel Castillo Vásquez, Leider Yohan Santos López\*\*

**Palabras Clave:** Rediseño, Modernización, Sistema de Alumbrado Público, Tecnología LED, Calle 61, Normativa RETILAP, CAUE, Diseño eléctrico.

### Descripción:

La Calle 61 en Bucaramanga ha sido identificada como una zona con deficiencias significativas en su sistema de alumbrado público. Esta falta de iluminación adecuada ha generado problemas de seguridad, aumentando el índice de accidentes y creando áreas propensas a la comisión de actos delictivos. La Secretaría de Infraestructura y Alumbrado Público ha decidido abordar esta problemática mediante un proyecto integral de modernización y rediseño de la red de alumbrado público, implementando tecnología LED y siguiendo la normativa RETILAP.

El objetivo principal del proyecto es renovar completamente el diseño eléctrico de la red a lo largo del tramo de la Calle 61, desde la diagonal 15 hasta el puente El Bueno. Se planea reemplazar todos los componentes de las redes de baja tensión, incluidos cajas de paso, postes, soportes, ductos y cableado, así como actualizar las luminarias con tecnología LED. Además, se proporcionará asistencia en la elaboración de memorias de cálculo, que incluirán aspectos como regulación, pérdidas y calibre de los ductos.

El proyecto también contempla la selección de un diseño fotométrico adecuado, evaluando alternativas basadas en criterios técnicos, económicos y ambientales. Se desarrollarán presupuestos y especificaciones técnicas detalladas para asegurar el cumplimiento con la normativa de la alcaldía de Bucaramanga. Esta iniciativa no solo mejorará la seguridad y el entorno nocturno, sino que también fomentará un ambiente más propicio para actividades comerciales y recreativas durante la noche. La implementación del proyecto se realizará bajo la modalidad de práctica empresarial, asegurando un enfoque integral y profesional.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia Especialista en gerencia de proyectos. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga PhD. en Ingeniería

## Abstract

**Title:** Redesign of the public lighting network from 61st street to the El Bueno bridge in the municipality of Bucaramanga, according to RETILAP regulations\*.

**Author(s):** Carlos Daniel Castillo Vásquez, Leider Yohan Santos López\*\*

**Key Words:** Redesign, Modernization, Public Lighting System, LED Technology, 61st Street, RETILAP regulations, CAUE, Electrical Design.

### Description:

Calle 61 in Bucaramanga has been identified as an area with significant deficiencies in its public lighting system. This lack of adequate lighting has generated safety problems, increased the accident rate and created areas prone to the commission of criminal acts. The Department of Infrastructure and Public Lighting has decided to address this problem through a comprehensive project to modernize and redesign the public lighting network, implementing LED technology and following RETILAP regulations.

The main objective of the project is to completely renew the electrical design of the network along the stretch of Calle 61, from diagonal 15 to the El Bueno bridge. It is planned to replace all components of the low-voltage networks, including step boxes, poles, supports, ducts and wiring, as well as to upgrade the luminaires with LED technology. In addition, assistance will be provided in the preparation of calculation memories, which will include aspects such as dimming, losses and duct sizing.

The project also includes the selection of an appropriate photometric design, evaluating alternatives based on technical, economic and environmental criteria. Detailed budgets and technical specifications will be developed to ensure compliance with the Bucaramanga mayor's office regulations. This initiative will not only improve safety and the nighttime environment, but will also foster a more conducive environment for commercial and recreational activities at night. The implementation of the project will be carried out under the business practice modality, ensuring a comprehensive and professional approach.

---

\* Degree Work

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia Especialista en gerencia de proyectos. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga PhD. en Ingeniería

## Introducción

Este proyecto radica en rediseñar y modernizar el sistema de alumbrado público en tecnología LED, el proyecto corresponde a la calle 61 desde la diagonal 15, pasando por la calle 64, carrera 10, calle 65 hasta el puente el bueno del municipio de Bucaramanga utilizando como referencia la normativa RETILAP.

La Calle 61 del Municipio de Bucaramanga, Santander, ha sido identificada como una zona con deficiencias significativas en su sistema de alumbrado público. Esta situación genera una serie de problemáticas que afectan tanto a los residentes locales como a los visitantes de la zona. La falta de una iluminación adecuada ha contribuido a un aumento en el índice de accidentes, obstaculizando el tránsito vehicular nocturno y generando áreas propicias para la comisión de actos delictivos debido a la presencia de zonas oscuras.

Basándonos en los resultados de nuestra investigación empática, se ha constatado la necesidad imperativa de abordar esta problemática, enfocándonos en aquello que está al alcance del proyecto. Es fundamental mejorar la infraestructura de alumbrado público en la Calle 61, ya que esto no solo contribuirá a aumentar la seguridad de los residentes y visitantes, sino que también promoverá un entorno más seguro y agradable para el desarrollo de actividades comerciales y recreativas durante las horas nocturnas.

Considerando los impactos potenciales de la solución propuesta, tales como la reducción del índice de accidentes, la mejora del tránsito vehicular nocturno y la disminución de las áreas oscuras, se justifica plenamente la necesidad de llevar a cabo este proyecto.

Después de identificar esta problemática, la Secretaría de Infraestructura y Alumbrado Público del municipio de Bucaramanga ha tomado la decisión de implementar un proyecto de modernización y rediseño integral para la red de alumbrado público a lo largo del tramo mencionado de la calle 61.

El objetivo del proyecto es llevar a cabo una renovación completa del diseño eléctrico de la red, partiendo de la selección previa del diseño fotométrico. En esta nueva propuesta, se planea reemplazar todos los componentes de las redes de baja tensión, como cajas de paso, postes, soportes, ductos y cableado, además de actualizar las luminarias, por una luminaria LED. Además, se proporcionará asistencia en la elaboración de las memorias de cálculo, abordando aspectos como la regulación, las pérdidas y el calibre de los ductos. Para garantizar la calidad y seguridad del proyecto, se tomarán como referencia normativa el RETILAP, la Norma ESSA y el Manual de Alumbrado Público. Se pretende ejecutar este proyecto bajo la modalidad de práctica empresarial.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivos General**

Rediseñar la red de alumbrado público de la calle 61 hasta el Puente El Bueno en el Municipio de Bucaramanga, basados en la normativa de RETILAP.

### **1.2 Objetivo Específicos**

- Realizar el diseño de iluminación para la red de alumbrado público de la calle 61 hasta el puente del bueno en el municipio de Bucaramanga, que cumpla con los requisitos de la normativa RETILAP.

- Evaluar y seleccionar una de las alternativas de diseño fotométrico proporcionadas por el alumbrado público, considerando criterios técnicos, económicos y ambientales, basado en el CAUE de cada diseño.

- Desarrollar presupuestos y especificaciones técnicas detalladas, para el diseño eléctrico del sistema de alumbrado público, asegurando el cumplimiento de la normativa de la alcaldía de Bucaramanga.

## 2. Marco Conceptual

### 2.3 Metodología costo anual uniforme equivalente (CAUE)

Se debe considerar un período de evaluación de 30 años teniendo en cuenta la vida útil de los diferentes componentes del proyecto y un valor de salvamento de cero pesos.

*Para el efecto se establecen como valores mínimos de vida útil.*

*Tabla 1. Valores mínimos de vida útil de los equipos*

Equipos	Vida útil (años)	Equipos	Vida útil (años)
Transformadores	20	Postes de concreto	30
Redes eléctricas (conductores, herrajes y aisladores)	30	Cajas de inspección, ductería y demás obras civiles asociados	30
Bombillas de sodio	3.5	Luminarias En zonas con alta contaminación en zonas normales	7.5 15

*Nota.* Adaptado del RETILAP.

La tabla muestra las vidas útiles mínimas estimadas de diversos componentes de la infraestructura de alumbrado público, las cuales son utilizadas para la evaluación de costos y planificación del mantenimiento en función de su desgaste y durabilidad en diferentes condiciones ambientales.

⇒ Costos Iniciales (CI.) de infraestructura (luminarias o proyectores, transformadores, conductores, postes, materiales, etc.), transporte y mano de obra. Estos costos son presentes.

⇒ Costos Anuales de Operación (CAO), los cuales están compuestos por el mantenimiento de la infraestructura y el consumo de energía eléctrica del sistema de alumbrado. Estos costos son anualizados y deben traer a valor presente, con la siguiente fórmula:

$$VP(CAO) = CAO * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

⇒ En la fórmula anterior,  $i$  corresponde a la tasa de descuento (TD), la cual se establece en el 16,06% (o la que aplique la CREG para la red domiciliaria).

⇒  $n$  corresponde al número de año de análisis, que en este caso es de 30 años.

El valor presente total del proyecto (PT) se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$VPN = PT = CI + VP(CAO) - VP(VS)$$

VS es el valor de Salvamento al final de la vida, es decir, el valor de la vida útil remanente del sistema de iluminación. En el caso de la evaluación de proyectos de alumbrado y con el fin de simplificar el procedimiento sin afectar el resultado, se considera nulo el valor de salvamento;

$$\text{luego, } PT = CI + VP(CAO)$$

El Valor Total (PT) se multiplica por el factor de anualidad para obtener el Costo Anual Uniforme.

Equivalente (CAUE) del proyecto.

$$CAUE = CAO - VP(VS) + CI / (1+i)^n$$

Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) del proyecto = valor presente total del proyecto (PT) por el factor de anualidad. (RETILAP,2010).

### **3. Metodología**

Como parte de nuestras funciones como practicantes en el área de alumbrado público, se nos asignó el proyecto de rediseño del sistema de alumbrado público de la calle 61 hasta el Puente El Bueno, abarcando una importante red vial en el municipio de Bucaramanga. Con el fin de cumplir plenamente con los objetivos y alcances establecidos para este proyecto, se optó por implementar una metodología estructurada que incluye las siguientes actividades:

#### **3.1 Diseño eléctrico**

Para llevar a cabo el diseño eléctrico del proyecto, se consideraron diversos factores clave. En primer lugar, realizamos un levantamiento exhaustivo de la situación actual de la vía, lo que implicó desplazarnos al lugar para hacer un análisis detallado. Durante la visita, verificamos el estado de la infraestructura existente, incluyendo la proximidad de puntos de conexión, con el objetivo de identificar posibles fallas en el diseño anterior. Evaluamos si las luminarias instaladas cumplían con las normativas de eficiencia energética y ahorro, y detectamos la presencia de zonas oscuras y postes deteriorados. En este proceso, también recopilamos la opinión de la comunidad local, que destacó las deficiencias significativas del sistema actual de alumbrado público, el cual llevaba más de 10 años sin ser modernizado. A partir de esta información, procedimos a realizar el rediseño completo de la red eléctrica de alumbrado público para la vía.

Este rediseño incluyó la remodelación de la subestación existente, postes y luminarias LED de última generación, lo que no solo garantiza un mejor rendimiento lumínico, sino también una mayor eficiencia energética. Todo el diseño se desarrolló en estricto cumplimiento de las

normativas RETILAP y RETIE, asegurando que se cumplieran los estándares técnicos y de seguridad aplicables. De manera adicional, se revisaron minuciosamente los ítems contemplados en estas normativas para identificar aquellos que ya se cumplían y los que requerían ajustes, asegurando así que el sistema de alumbrado renovado no solo fuera eficiente, sino también seguro y conforme a la regulación vigente.

*Tabla 2.* El presente diseño eléctrico se basará en los requisitos establecidos en el artículo 3.3.1.1. del RETIE, correspondiente al diseño detallado desde el punto A hasta el punto X.

<b>Requerimientos Generales De Las Instalaciones Eléctricas</b>	<b>Aplica</b>	<b>No aplica</b>
A. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	X	
B. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.	X	
C. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.	X	
D. Coordinación de aislamiento eléctrico.		X
E. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.	X	
F. Análisis del nivel de tensión requerido.		X
G. Cálculos de campos electromagnéticos.		X
H. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	X	
I. Sistema de puesta a tierra.	X	
J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.		X
K. Especificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909 u otra equivalente.	X	
L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.		X
M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de	X	

Requerimientos Generales De Las Instalaciones Eléctricas	Aplica	No aplica
limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.		
N. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas porta cables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)	X	
O. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	X	
P. Cálculos de regulación de tensión.	X	
Q. Áreas clasificadas como peligrosas.		X
R. Diagramas unifilares.	X	
S. Planos eléctricos para construcción.	X	
T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	X	
U. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas.	X	
V. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.		X
W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.		X
X. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.		X

*Nota.* Adaptado del RETIE Libro 3

Se incluirán los requerimientos generales aplicables a la instalación eléctrica, y aquellos que no sean pertinentes en este proyecto se mencionan a continuación:

#### **D. Coordinación de aislamiento eléctrico.**

La selección de los materiales a instalar se realizará teniendo en cuenta el tipo de aislamiento adecuado al nivel de tensión de servicio. Sin embargo, este análisis no es aplicable en este proyecto debido a que opera en media tensión (13.2 kV) y baja tensión (380/220 V). La coordinación de aislamiento es un estudio necesario únicamente para sistemas de transmisión con

niveles de tensión superiores o iguales a 57.5 kV, según lo establecido en el RETIE (Artículo 12. Clasificación de los niveles de tensión).

#### **F. Análisis del nivel de tensión requerido.**

De acuerdo con los lineamientos del Departamento de Infraestructuras y Alumbrado Público del municipio de Bucaramanga, se determinó que los niveles de tensión requeridos para este proyecto son: 13.2 kV en media tensión y 380/220 V en baja tensión. Esto se debe a que el operador de red en la zona maneja exclusivamente estos valores para media y baja tensión. Por lo tanto, no fue necesario realizar un análisis adicional sobre los niveles de tensión requeridos.

#### **G. Cálculos de campos electromagnéticos.**

En este proyecto no fue necesario realizar un análisis de campos electromagnéticos, debido a que es un proyecto de baja tensión. Los diseños de líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, deben incluir un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas. RETIE 2013. (Artículo 14.4 calculo y medición de campos electromagnéticos).

#### **J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía**

Para el cálculo se usará la siguiente metodología:

**Perdidas de potencia:** El porcentaje de pérdidas de potencia se calcula para las redes de baja tensión según la siguiente expresión:

$$\%P_p = 100 * \sum \left( \frac{\text{Potencia. perdida. por. tramo}}{\text{Potencia. total. entregada. a. la. red. normal}} \right)$$

$$\%P_p = 100 * \sum \left( \frac{P_{pT}}{P_T} \right)$$

$$\%P_p = 100 * \sum_{i=T}^N I_i^2 * R_i$$

Dónde:

N: Número de conductores por tramo

$I_i$ : Corriente eficaz de cada conductor del tramo, calculada con base en la demanda máxima diversificada del tramo en estudio.

$R_i$ : Resistencia de cada conductor del tramo

**Perdidas de energía:** Las pérdidas de energía se calculan según la siguiente ecuación:

$$\%P_e = 100 * \left( \frac{\sum \text{Energía. perdida. por. tramo. en. un. día}}{\text{Energía. total. entregada. a. la. red. o. ramal. en. un. día}} \right)$$

$$\%P_e = 100 * \left( \frac{\sum E_{pt}}{E_T} \right)$$

Dónde:

$\%P_E$ : Porcentaje de pérdidas de energía

$E_{PT}$ : Energía perdida por tramo en un día

$E_T$ : Energía total entregada a la red o ramal en un día

**L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.**

En los proyectos de alumbrado público, los cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción y soporte, como postes, no son necesarios cuando dichos componentes ya vienen predefinidos por el fabricante y cumplen con las normativas vigentes, como la RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público) en Colombia. Esta normativa garantiza que los postes y otros elementos estructurales han sido diseñados, fabricados y probados bajo condiciones que aseguran su resistencia y durabilidad frente a las cargas mecánicas, como el viento, peso de las luminarias y cables, y otros factores ambientales.

**Q. Áreas clasificadas como peligrosas.**

Los sistemas de iluminación de áreas clasificadas como peligrosas deben atender los lineamientos dados en el RETIE para este tipo de instalaciones especiales. En el contexto del alumbrado público, las áreas clasificadas como peligrosas suelen no aplicar porque los entornos típicos donde se instalan luminarias públicas, como calles, avenidas, parques y zonas residenciales, no presentan atmósferas explosivas o ambientes con altos riesgos industriales.

**V. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.**

No se aplica en este caso, ya que este tipo de proyectos debe cumplir con normativas

muy claras y estrictas, como el RETILAP.

Las luminarias, postes y componentes eléctricos están predefinidos por estándares nacionales e internacionales, y su diseño debe ajustarse a criterios de seguridad, eficiencia energética y cumplimiento de los niveles de iluminación adecuados para proteger a las personas y la integridad.

**W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.**

Aunque en zonas sísmicas pueden tomarse en cuenta algunos criterios para la estabilidad de postes y luminarias, generalmente el alumbrado público no requiere estudios sísmicos detallados, ya que los postes están diseñados siguiendo normativas que ya contemplan factores de seguridad estructural. El alumbrado público no genera niveles significativos de ruido que justifiquen un estudio acústico. Los sistemas de iluminación no producen vibraciones o sonidos que afecten el entorno acústico urbano.

**X. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales**

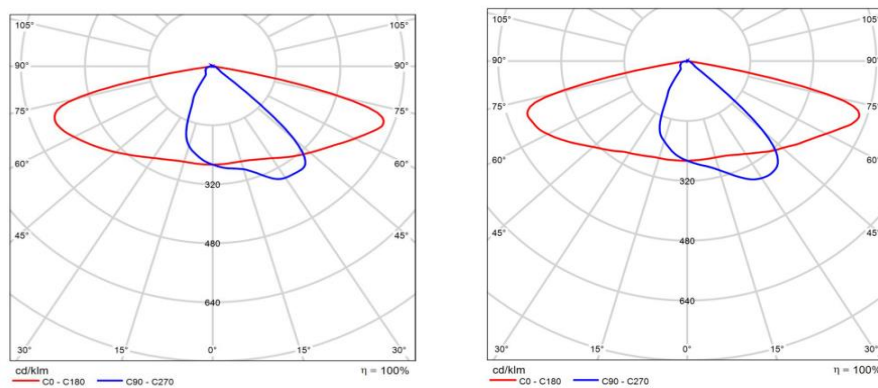
La selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía, tanto convencionales como no convencionales, no se aplican directamente al alumbrado público. El alumbrado público generalmente no es responsable de la generación de energía; su función principal es distribuir la energía eléctrica para proporcionar iluminación. Por lo tanto, no se requiere seleccionar ni calcular equipos de generación de energía.

### 3.2 Diseño Fotométrico

Para llevar a cabo el análisis del diseño fotométrico del proyecto, se contactaron varias empresas especializadas, entre ellas ALBOR, SIGNIFY, SYLVANIA y SCHRÉDER Colombia. El propósito fue evaluar las opciones de luminarias que ofrecían, comparando sus precios y eficiencia para seleccionar la mejor opción en cuanto a costo-beneficio. Además, se consideraron aspectos clave como la presentación de la documentación legal, diseños, catálogos, fichas técnicas, matrices de identidades, cálculos fotométricos, diseño geométrico, especificaciones de instalación, planos en formato DWG, declaración de cumplimiento con la normativa RETILAP y los planes de mantenimiento, entre otros.

#### Figura 1.

Diagrama Polar de Distribución de Intensidad Luminosa (cd/klm) en los Planos C0-C180 y C90-C270, potencia 24.0 W / 55.6 w.



Con la información proporcionada por las empresas, se realizó un análisis fotométrico para determinar cuál de las luminarias ofrecidas cumplía con los requerimientos específicos del proyecto y qué potencias de cada modelo garantizaban la mejor iluminación en las distintas zonas

de la vía. El diseño fotométrico fue elaborado para áreas críticas como las intersecciones y un tramo general de la vía.

Tabla 3. Especificación técnica de las luminarias utilizadas

Ítem	P [w]	$\Phi$ Lámpara	$\Phi$ Luminaria	$\eta$ [%]	Rendimiento Lumínico lm/W	CCT	CRI
1	24.0	4515	4516	100.03	188.2	3000	100
2	33.3	6045	6046	100.02	181.6	3000	100
3	48.2	8288	8290	100.02	172.0	3000	100
4	55.4	9344	9345	100.01	168.7	3000	100
5	55.6	10382	10384	100.02	186.8	3000	100
6	74.9	13475	13478	100.02	179.9	3000	100
7	76.0	13589	13592	100.02	189.53	3000	100
8	83.0	15563	15566	100.02	205.59	3000	100

- P (Potencia) [W]
- $\Phi$  Lámpara (Flujo luminoso de la lámpara) [lm]
- $\Phi$  Luminaria (Flujo luminoso de la luminaria) [lm]
- $\eta$  (Eficiencia o rendimiento) [%]
- Rendimiento lumínico [lm/W]
- CCT (Temperatura de color correlacionada) [K]
- CRI (Índice de reproducción cromática).

### 3.3 Presupuesto total del proyecto

Para la elaboración del presupuesto del proyecto, se creó un formato propio basado en una plantilla proporcionada por el departamento de alumbrado público de la Alcaldía de Bucaramanga. Esta plantilla fue desarrollada conforme a las directrices del RETILAP y se estructuró en una serie de APUs (Análisis de Precios Unitarios). Además, incluyó una tabla detallada que contenía los

diferentes aspectos tomados en consideración para la estimación del presupuesto. Entre estos aspectos se encuentran: el retiro de la infraestructura existente, las redes de media tensión del sistema de alumbrado público, las subestaciones, las estructuras, los equipos, las salidas, la certificación, la legalización y la documentación de la instalación, así como las cantidades de materiales por cada actividad.

Por otro lado, no fue necesario gestionar la factibilidad de servicio ante el operador de red, ya que este trámite había sido previamente realizado por los funcionarios del área de alumbrado público del municipio. La solicitud fue presentada el 10 de abril de 2024, y el punto de conexión autorizado fue el circuito 09-504 real de minas 4, correspondiente a la subestación real de minas, con apoyo físico en el nodo C y en la ubicación específica del poste número 1074601. **Ver en anexo.2** Plantillas “Presupuesto Total proyecto\_(APU)”.

## **4. Especificaciones Técnicas**

### **4.1 Generalidades**

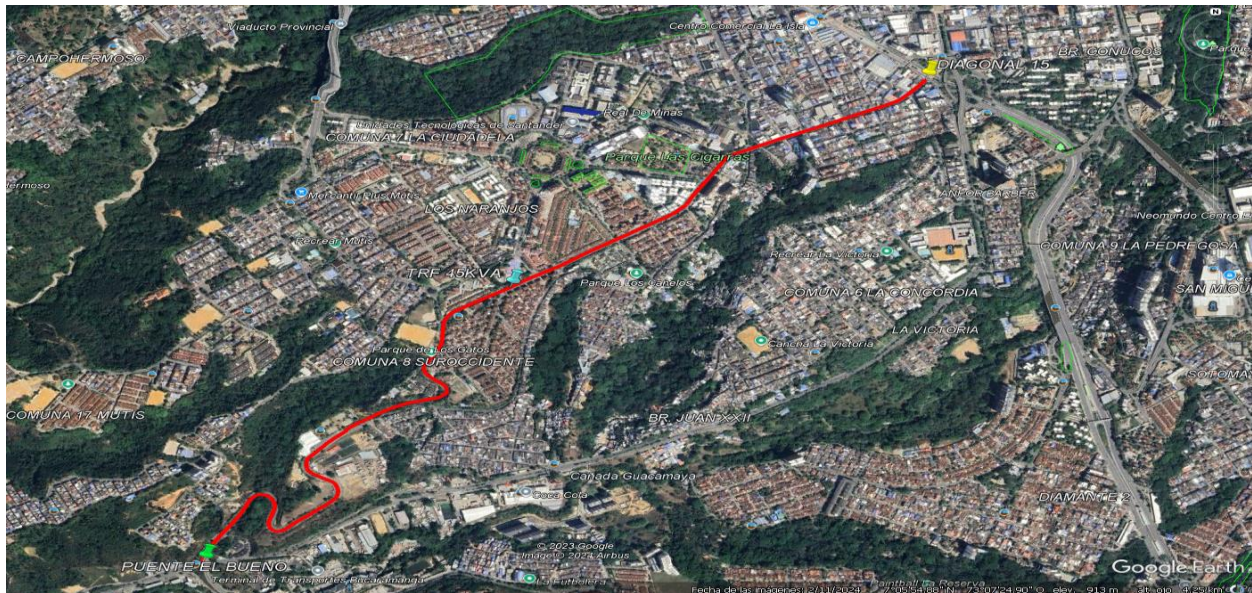
Las presentes especificaciones técnicas y recomendaciones complementan los diseños, análisis de precios unitarios y presupuesto del proyecto en mención.

#### ***4.1.1 Alcance del proyecto***

El proyecto consiste en el rediseño de la red de alumbrado público de la calle 61 desde la diagonal 15, pasando por la calle 64 y cerrera 10, siguiendo por la calle 65 hasta el puente el bueno, lo que comprenden una longitud vial M2 de **3.47 Km**.

**Figura 2.**

*Ubicación del proyecto Calle 61 hasta el puente el Bueno (fuente Google Earth).*



El proyecto comprende las siguientes actividades en cada uno de los sectores listados:

Retirar la infraestructura de alumbrado público existente, suministrar, transportar e instalar postes, transportar e instalar equipos de iluminación LED, reposición de pisos por construcción e instalación de postes. Las actividades anteriormente descritas obedecen a un proceso de diseño del alumbrado público conforme como se describe el capítulo 6 del RETILAP. los cuales cumplen con todas las cantidades y características técnicas necesarias (Diseño fotométrico, diseño eléctrico, especificaciones técnicas, la categorización del proyecto según RETILAP corresponde a Sistema vial (Nivel C – Alto impacto) en la calle 61 hasta el puente el bueno.

Categorización de los proyectos de Alumbrado Público según tabla 610.2 RETILAP (Ministerio de minas y energía-Colombia, 2016). **Ver anexos.4** Tablas y Figuras “categorización de los proyectos según tabla 610.2 según Retilap- Sistema vial M2”.

Las clases de iluminación para el sistema vial se describen en el Capítulo 5, sección 510.10 RETILAP.

Las obras para ejecutar comprenden el suministro de materiales, transporte al sitio de la obra, construcción de obras civiles, instalación y puesta en marcha del sistema eléctrico y los equipos de iluminación que integran el alumbrado público del proyecto. Estas actividades se consolidan en los análisis de precios unitarios (APUs) que conforman el presupuesto de obra de cada uno de los diseños. **Ver anexo.2** “Plantillas presupuesto\_total\_proyecto\_ (APU).

#### ***4.1.2 Normas y reglamento***

Para el diseño, construcción y montaje de los sistemas aquí descritos se aplicarán las siguientes normas y reglamentos:

- El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).
- El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Norma ICONTEC NTC 2050 (Código Eléctrico Colombiano).
- Normas para sistemas de distribución de la Electrificadora de Santander s.a.
- Plan de ordenamiento territorial vigente del municipio de Bucaramanga.
- Manual de espacio público del Municipio de Bucaramanga.
- Compendio de accesibilidad Norma Técnica Colombiana NTC 6047.

#### **4.2 Especificaciones técnicas e instalación de materiales.**

#### **4.3 Bornas de terminales y conectores de derivación**

No se permitirán empalmes ni derivaciones en las acometidas de media, acometidas de baja tensión, ni en alimentadores de baja tensión. En las conexiones a barrajes o interruptores termo-magnéticos principales, se usarán terminales de compresión tipo pala. **Ver anexos.1** “Pdf Especificaciones Técnicas Rediseño A.P ítems 2.5”.

#### 4.4 Sistema de puesta a tierra (SPT).

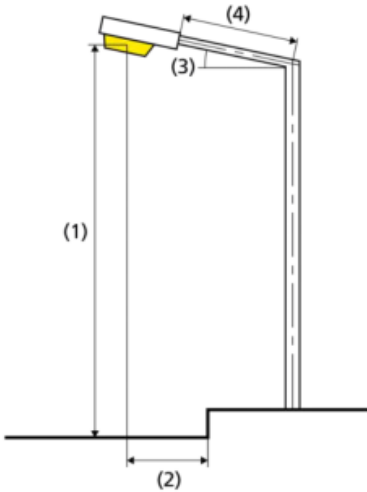
Para el sistema de alumbrado público del parque, el SPT está conformado por un sistema multiaterrizado de varios electrodos de varilla cooperweld de 5/8”x 2.4m interconectados con cable AL No 6THHN serie 8000. **Ver anexos.1** “Pdf Especificaciones Técnicas Rediseño A.P ítems 2.6”.

#### 4.5 Postes

Los postes deberán contar con certificado de conformidad de producto, cumpliendo estrictamente con lo establecido en RETILAP. El color de la pintura de los postes para las luminarias es Gris RAL9023+Laca y el color de la pintura de los postes similar a las luminarias ROAD FORCE BRP 481 & BRP-482. Los suelos donde son instalados podrán ser terrenos de relleno, arenosos, rocosos, arcillosos, semiduros, con una capa de profundidad variable de humus, abarcando químicamente suelos desde ácidos a alcalinos y desde oxidantes a reductores con gran variedad en la cantidad y tipo de sales solubles. **Ver anexos.1** “Pdf Especificaciones Técnicas Rediseño A.P ítems 2.7”.

#### **Figura 3.**

*BRP481 LED96 NW 55W DML.IES (unilateral Arriba) Esquema Dimensional de la Instalación del Poste de Alumbrado Público*



Distancia entre mástiles	29.000 m
(1) Altura de punto de luz	10.000 m
(2) Saliente del punto de luz	0.900 m
(3) Inclinación del brazo	5.0°
(4) Longitud del brazo	1.500 m

#### 4.6 Equipos de iluminación.

Todos los equipos de iluminación funcional deben cumplir con las características técnicas mínimas establecidas por la oficina de alumbrado público del municipio de Bucaramanga. **Ver anexos.1** “Pdf Especificaciones Técnicas Rediseño A.P ítems 2.8”.

##### 4.6.1 Luminaria de Referencia road force brp-481 y 482.

LED High Power. Con una eficacia medida extremadamente alta de hasta 190 lm/W, excelente equipamiento óptico y gran flexibilidad de instalación con un sistema integrado de ajuste de ángulo, la familia Road Force garantiza un resultado luminoso de alta calidad conforme a los estándares de aplicación locales. Flujo luminoso 13.070 lm, tensión de entrada 120 a 277 V, Código de protección de ingreso IP66 (protección contra el ingreso de polvo, prueba de chorro de agua). **Ver anexos.1** “Pdf Especificaciones Técnicas Rediseño A.P ítems 2.8.1”.

#### **4.7 Transformador de potencia.**

Se proyecta un transformador trifásico semisumergible de 45 kva marca TESLA con nivel de tensión 13.200 380/220 V para ser ubicado en subestación subterránea, se ubicará en zona verde del separador de la calle 64 de Bucaramanga frente al caí real de minas. se requiere la creación de una cuenta nueva para este proyecto. es importante tener en cuenta que actualmente el alumbrado público del sector a modernizar se está facturando bajo las cuentas: 1618748 y 1619567 en modalidad de carga aforada. Código del transformador 726243, Fp 0.9, Fd 0.75, Fases 3, Total, Carga (KVA): 45. **Ver anexos.6** Fichas Técnicas de Equipos “Transformador sumergible”.

#### **4.8 Medidor trifásico p2000-D.**

El medidor electrónico trifásico P2000-D con medida directa es un dispositivo utilizado para medir el consumo de energía eléctrica en redes trifásicas, sin necesidad de utilizar transformadores de corriente, ya que se conecta directamente a la red eléctrica.

Permite registrar de manera exacta la cantidad de energía eléctrica consumida por los sistemas de alumbrado público, lo que es clave para evaluar el desempeño y el costo de operación de la red. **Ver anexos.6** Fichas Técnicas de Equipos “Medidor trifásico p2000-D”.

#### **4.9 Electrobomba sumergible**

Electrobomba sumergible para aguas sucias SSP PEARL. En subestaciones, es común que el agua de lluvia, aguas residuales o filtraciones se acumulen en áreas subterráneas, como fosas de transformadores o espacios donde se encuentran equipos eléctricos. Las electrobombas

sumergibles se utilizan para evacuar esas aguas y evitar inundaciones. **Ver anexo.6** Ficha Técnica de Equipos “Electrobomba semisumergible SSP”.

## 5. Resultados

Derivado de las prácticas realizadas y conocimientos adquiridos con el rediseño de la red de Alumbrado Público en la Alcaldía de Bucaramanga, se alcanzaron los siguientes logros:

### 5.1 Diseño eléctrico.

Durante el análisis del rediseño eléctrico vial, fue esencial considerar la normativa RETIE, en particular el artículo 10, que establece los requisitos generales para las instalaciones eléctricas. A continuación, se describen los criterios que son aplicables o no aplicables al rediseño eléctrico detallado del proyecto.

#### *5.1.1 Análisis, cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis del factor de potencia y armónicos. (A).*

Una vez se realizó la distribución de las luminarias por cada circuito, procedimos a distribuir uniformemente los circuitos entre las fases (R, S, T) para lograr un balance adecuado de cargas. Las luminarias, con un consumo total de **14.844 W**, se distribuyeron de la siguiente manera: fase **R = 4.981 [W]**, fase **S = 4.974 [W]** y fase **T = 4.895 [W]**, lo que resultó en un desbalance del 1.8%. Según la norma NTC 2050, basada en el NEC y también referenciada en el RETIE, "el valor

del desequilibrio de cargas no debe exceder el 2%". Dado que el desequilibrio es del 1.8%, el sistema se considera bien equilibrado.

Mantener las cargas balanceadas no solo mejora la eficiencia energética, sino que también reduce las pérdidas por desequilibrio. Además, los equipos conectados a un sistema equilibrado experimentan menos estrés térmico y mecánico, lo que prolonga su vida útil. **Ver anexo.2** plantillas "Cuadro de cargas calle 61\_A. P\_(RST)". Esto incluye cuadros de carga también armónicos y factor de potencia y cuadro de regulación del transformador. El factor de potencia utilizado para todos los circuitos fue de 0.95 ya que generalmente operan con un factor de potencia (FP) entre 0,85 y 0,95, dependiendo del tipo de luminarias y los sistemas de control que se utilicen. En sistemas modernos, como los que emplean tecnología LED, el FP tiende a estar más cerca de 0.95, ya que estos sistemas están diseñados para ser más eficientes. este es el factor con el que trabaja alumbrado público. En el caso de la distorsión armónica todos los circuitos presentan un valor del 20% y 1.02 en el desplazamiento, al ser el valor del desplazamiento pequeño esto indica que no es necesario realizar una corrección armónica. Bajo las condiciones actuales, el sistema no requiere compensación de energía reactiva y de armónicos. En el presente proyecto, las cargas instaladas no generan los armónicos suficientes, para sobrepasar el valor límite de distorsión de armónica total (THD), establecido en el reglamento vigente según Resolución 40117 del 2 de abril de 2024.

### ***5.1.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico***

Este análisis no es aplicable ya que el proyecto involucra niveles de media tensión (13.2 kV) y baja tensión (380/220 V). La coordinación de aislamiento es un estudio necesario solo para

sistemas de transición, es decir, para tensiones de 57.5 kV o superiores, conforme a lo establecido en el RETIE (Artículo 12. Clasificación de los niveles de tensión).

## **5.2 Análisis de cortocircuito y falla a tierra. (C) .**

Este cálculo tiene por objetivo, establecer los niveles de corto circuito en la instalación eléctrica a implementar y de esta manera obtener las capacidades de interrupción de los diferentes elementos de protección a utilizar en los nodos del circuito.

Los cálculos se realizarán tomando el peor escenario, el cual implica una falla trifásica en el transformador, que genera una condición de cero impedancias en sus bornes de salida, estado que genera las máximas cargas térmicas y mecánicas en el sistema. La corriente de corto circuito del alimentador de media tensión en el punto de conexión, se asumirá como infinita. Igualmente es importante recordar que, en los cálculos para las corrientes de corto circuito, se ignora que existen dispositivos limitadores de corriente. Estos dispositivos se asumen como barrajes sólidos al momento de los cálculos. **Ver anexo.2** Plantillas “Cálculos eléctricos\_call\_61 - transformador A.P 45 KVA corriente de corto circuito MT y BT”.

### **5.2.1 Acometidas**

Para la selección del conductor de puesta a tierra principal el cual está interconectado con el tablero principal se determinó según el calibre del conductor de acometida teniendo en cuenta la tabla 250-94 de la norma NTC 2050, el conductor de puesta a tierra será cable número 4/0 AWG o kcmils de 67,44 mm<sup>2</sup> según la norma NTC 2050, el cual estará conectado equipotencialmente entre la barra del neutro y el barraje de puesta a tierra.

La puesta tierra será una varilla sólida de Cu de  $\varnothing$  12,7 mm x 2,4m de longitud, la conexión será con conector homologado. El valor de la puesta a tierra no será mayor a 10 ohmios (subestaciones de media tensión) dando cumplimiento a lo establecido con el RETIE.

### ***5.2.2 Cálculo de canalizaciones (tubo, ductos, cajas, tableros etc.)***

Para el cálculo de las canalizaciones se utilizaron las tablas del apéndice C de la norma NTC 2050 para ducto PVC y cableado THHN. Se seleccionaron ductos de 1 1/2" para los conductores eléctricos del alimentador de las redes de alumbrado público en calibre #4 y en calibre #2. **Ver anexo.4** Tablas y Figuras - "tablas de conductores- Tabla 250 -94 NTC 2050".

### ***5.2.3 Planos, civiles y esquemas eléctricos para construcción***

Los planos elaborados para este proyecto son los siguientes: Plano general: contiene el diseño eléctrico completo de toda la vía abarcada en el proyecto. **Ver anexos.5** Diseños PDF "rediseño\_cll61\_v1.0-plano de detalles alumbrado público s1 y s2".

- ***Plano de detalles del alumbrado público:*** incluye los diagramas unifilares de la subestación, además de los cuadros de cargas y los detalles externos del tablero de alumbrado público. **Ver anexos.5** Diseños PDF "rediseño\_cll61\_v1.0-plano de detalles alumbrado público s1 y s2".

- ***Plano de detalles de media tensión (MT):*** presenta la malla de puesta a tierra, los detalles de la subestación semisumergible, las cajas de distribución de media tensión y el poste de apoyo

utilizado para la acometida de media tensión. **Ver anexo.** Diseños PDF “rediseño\_cll61\_v1.0-plano de detalles MT”.

- **Plano de detalles de obras civiles:** muestra los postes que se utilizarán, así como las cajas de baja tensión y de inspección. **Ver anexos.** Diseños PDF “rediseño\_cll61\_v1.0-plano de detalles alumbrado público s1 y s2”.

### **5.3 Diseño fotométrico**

Los resultados del diseño fotométrico se clasifican en los siguientes aspectos, los cuales se basaron en los lineamientos del RETILAP: **Ver anexo.3** Estudio Fotométrico “SIGNIFY”.

#### ***5.3.1 Selección de las luminarias***

Las luminarias seleccionadas para este proyecto fueron elegidas con base en el mejor diseño y la ficha técnica más adecuada, proporcionada por la empresa signify. Se optó por dos referencias diferentes de luminarias con potencias variables, dado que se requiere un mayor nivel de iluminación en la zona vial y menor en las áreas peatonales. las luminarias seleccionadas fueron los modelos road force brp481, con potencias de 24, 33, 48 y 55 watts, y road force brp482, con potencias de 56, 70, 76 y 83 watts. **Ver anexo.6** “Fichas Técnica De Equipos”.

#### ***5.3.2 Diseño geométrico y sistema de montaje***

En el diseño geométrico de la vía se tuvieron en cuenta varios aspectos para la clasificación

de la iluminación, asociados principalmente a las características de las vías, como la velocidad de circulación y el número de vehículos que transitan. Se evaluaron también factores como la accidentalidad y el deterioro de la salud visual en las áreas consideradas peligrosas. Se utilizaron cuatro tipos de postes según los requerimientos de las luminarias. **Ver anexo.6** “Fichas Técnica De Equipos”.

Para las zonas de doble calzada, se instalaron postes centrales de doble brazo de 12 metros, entre ellos de 30 metros. En los tramos donde se requería iluminación tanto en los andenes como en la vía, se implementaron postes de doble propósito de 10 metros y 5 metros. Adicionalmente, en algunas áreas se instalaron postes sencillos de 10 metros y 5 metros para reforzar zonas de sombra generadas por la presencia de árboles a lo largo de la vía. Es importante destacar que, excepto en los postes de menor altura, se utilizó un brazo de 1.5 metros de longitud.

### ***5.3.3 Sistemas de alimentación, comando y control eléctrico***

En el proyecto, el sistema de control y monitoreo no se implementó a través de fotoceldas, sino mediante tele gestión. Para ello, se utilizó un controlador de la marca Smart City y un relé crepuscular modelo L-41 en cada uno de los circuitos de la subestación. Estos dispositivos envían una señal a un módem conectado a un computador. El controlador, que está equipado con un software especializado, está programado para que el sistema funcione automáticamente de 6:00 p.m. a 6:00 a.m. **Ver anexo.6** “Fichas Técnica De Equipos”. Se incluye una guía detallada para la instalación y puesta en marcha de este sistema.

### ***5.3.4 Instalación del alumbrado de emergencia y seguridad***

El alumbrado de emergencia fue únicamente implementado para la subestación, la luminaria que se seleccionó para este alumbrado de emergencia fue el doble spot direccionable Luminaria de emergencia LED Modelo A-LE3 de 2.4 W de technology d la cual tiene un flujo luminoso de 189 lm y una temperatura de color de 8500 °K. **Ver anexo.6** Fichas Técnica De Equipos. “luminaria de emergencia”.

## **5.4 Análisis económico**

La viabilidad económica del proyecto se implementó a través del método del (CAUE). Este enfoque se basó en un estudio previo de diseño fotométrico por las empresas ofertadas, realizado con el software DIALux EVO y considerando la normativa RETILAP. **Ver tabla 4.**

La selección de la luminaria de la marca SIGNIFY se fundamentó en diversos factores. Entre estos se consideran: un factor de mantenimiento anual del 1% en el consumo energético en kW/h del alumbrado público, los costos iniciales, la duración de la garantía y su comparación con otras alternativas ofrecidas. Además, se tomó en cuenta la cantidad de luminarias y puntos de apoyo necesarios.

Cabe mencionar que este análisis no debería realizarse si la oferta de la luminaria no satisface todas las especificaciones técnicas requeridas. No obstante, se llevó a cabo por solicitud del ingeniero responsable del alumbrado público. **Ver anexo.2.** plantillas “CAUE Rediseño calle 61”. **Ver anexo. 4** tablas y Figuras “cantidades iniciales para el diseño fotométrico”.

Tabla 4. Cálculo de CAUE.

Ítem	Descripción	ALBOR	SIGNIFY	SYLVANIA	SCHRÉDER
1	Documentos de la propuesta	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
2	Revisión de memorias de calculo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	Revisión de los planos de diseño fotométrico	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
	Revisión de características técnicas mínimas exigidas de los equipos (anexo 2)	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
3	Costos Iniciales	<b>\$2.728.471.983</b>	<b>\$2.390.020.938</b>	<b>\$2.365.437.869</b>	<b>\$2.533.484.972</b>
	Costo inicial anualizado (Cia=CI*FRC)	<b>\$198.220.520</b>	<b>\$173.632.420</b>	<b>\$171.846.486</b>	<b>\$184.054.925</b>
	Costo de mantenimiento anual (CMa)	<b>\$17.745.000</b>	<b>\$19.010.000</b>	<b>\$19.655.000</b>	<b>\$18.620.000</b>
	Costo de Energía anual (Cea). Valor de KW/H Tarifa alumbrado Publico ESSA mes noviembre 2022	<b>\$59.494.228</b>	<b>\$54.730.028</b>	<b>\$79.486.386</b>	<b>\$59.456.660</b>
	CAUE	<b>\$2.728.471.983</b>	<b>\$2.390.020.938</b>	<b>\$2.365.437.869</b>	<b>\$2.533.484.972</b>

## 5.5 Presupuesto

El presupuesto para el proyecto incluye varias etapas:

En la primera etapa se retiró la infraestructura existente, consiste en el desmontaje de la luminaria antigua y la extracción del cableado, lo cual es fundamental para la implementación del nuevo sistema. Para algunos tramos, se considerará el alquiler de maquinaria, así como la supervisión técnica y por parte del ingeniero a cargo de la obra. la segunda etapa contempla ejecución de nuevas zanjas donde sea requerido, posteriormente se incluye la adecuación del terreno destinado a la instalación del transformador de 45 kVa, que deberá contar con la correspondiente tubería y cableado de media tensión, realizado por personal calificado.

La tercera etapa se lista los diferentes accesorios e instalación una vez completados los trabajos anteriores, se calcularán los costos de los diferentes accesorios necesarios para las luminarias, incluyendo anclajes y bases. También se considerarán los materiales requeridos para su instalación.

*Tabla 5.* Presupuesto general

<b>Descripción</b>	<b>Valor Total</b>
Retiro de infraestructura existente	48.945.000
Redes de media tensión de alumbrado público	74.728.500
Subestación	112.750.000
Estructuras	113.580.000
Equipos	1.805.290.005
Salidas	61.490.000
Certificación, legalización y documentación de la instalación	10.050.000
Cantidades de Material Por Unidad de Actividad	2.986.251
<b>Presupuesto total</b>	<b>2.986.251.30</b>

Es importante tener en cuenta que gran parte de este rediseño se extiende bajo una red de alta tensión. Por ello, se deben respetar las distancias de seguridad estipuladas en el RETIE, asegurando así la integridad del proyecto y la seguridad del personal involucrado. **Ver tabla 4.6.1** del RETIE distancia de seguridad mínimas para trabajar cerca de líneas de alta tensión. El presupuesto aproximado del proyecto se puede observar en la **Tabla 5. Ver anexos.2** “plantillas presupuesto total del proyecto”. Las factibilidades de la subestación y del servicio del proyecto fueron aprobadas y están disponibles en la carpeta de **anexos.7** "Factibilidad ESSA". Asimismo, en esa carpeta se encuentran los planos de ubicación de la subestación.

## 6. Conclusiones

Ultimando con el desarrollo óptimo para la calle 61, se puede realizar una valoración de los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto de alumbrado público, abarcando las normativas RETIE, RETILAP Y ESSA, en lo mayor posible. La selección de la luminaria se obtuvo a partir del CAUE (costo anual uniforme equivalente). Nos permitió evaluar la oferta de diferentes marcas, seleccionando la empresa que nos brindara una mayor calidad, seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad respecto a la competencia.

La estructuración del diseño de alumbrado público, no solo se tuvo en cuenta la parte técnica del proyecto, sino que también se adaptando a un ambiente natural, preservando el medio ambiente sin afectar la eficiencia del alumbrado público el cual se armonizó con la vegetación presente.

En la valoración del presupuesto, se asignaron equipos de seguridad con el fin de minimizar intervenciones en el servicio como la tele gestión, junto con la iluminación de emergencia para la subestación y una motobomba en casos de inundación. a su vez se considera el desmonte de la infraestructura antigua como la conservación del suelo o losa existente.

Gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de toda la carrera, fue posible aplicar principios técnicos, cumplir con las normativas, realizar un diseño adecuado y elaborar un presupuesto preciso. Todo esto se realizó con el objetivo de poner en marcha el proyecto en el menor tiempo posible, asegurando que la comunidad beneficiaria quede plenamente satisfecha con los resultados.

### Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de Bucaramanga. (2014). *Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Bucaramanga: Acuerdo 011 de 2014*. <https://www.bucaramanga.gov.co/plan-de-ordenamiento-territorial-pot/>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2016). *Manual de espacio público del municipio de Bucaramanga*. <https://www.bucaramanga.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Manual-Espacio-Publico-2016.pdf>
- Electrificadora de Santander S.A. (ESSA). (Año). *Normas para sistemas de distribución*. <https://www.essa.com.co>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (1998). *Norma Técnica Colombiana NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano*. <https://www.icontec.org/>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2013). *Norma Técnica Colombiana NTC 6047*. <https://www.icontec.org/>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución 180540 de 2010*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23117/retilap.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución 90708 de 2013*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/36017/RETIE.pdf>
- Philips Lighting Colombia. (s.f.). *Soluciones de iluminación y productos*. <https://www.lighting.philips.com.co/>