

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE
ALUMBRADO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE ABEJORRAL, ANTIOQUIA

HELENA PATRICIA MORA MADRIGAL
CARLOS ANDRÉS GÓMEZ ARBOLEDA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER
FACULTAD DE ESTUDIOS EMPRESARIALES Y MERCADEO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN

2021

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE
ALUMBRADO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE ABEJORRAL, ANTIOQUIA

HELENA PATRICIA MORA MADRIGAL
CARLOS ANDRÉS GÓMEZ ARBOLEDA

Trabajo presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor

SANTO ALFONSO HINESTROZA PALACIO
Magister en Desarrollo Sostenible y Medioambiente

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ESUMER
FACULTAD DE ESTUDIOS EMPRESARIALES Y MERCADERO
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
MEDELLÍN
2021

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo General.....	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	21
5. MARCO DE REFERENCIA.....	22
5.1 Estado del Arte.....	22
5.2 Marco Teórico.....	26
5.2.1 Fundamentos Sobre Proyectos.....	26
5.2.2 Conceptos generales sobre Alumbrado Público y prestación del Servicio.....	29
5.2.3 Localización: Municipio de Abejorral.....	35
5.3 Marco Conceptual.....	36
6. MARCO METODOLÓGICO.....	41
6.1 Tipo de investigación a desarrollar	41
6.2 Diseño de la Investigación.....	41
6.3 Método y Pasos de la Investigación.....	41
7. ENTREGA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO	43
8. USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS.....	44
9. FORMULACIÓN DEL PROYECTO	45
9.1 Análisis sectorial.....	45
9.2 Análisis de mercados.	46
9.2.1 Descripción del producto o servicio	46
9.2.2 Demanda	47
9.2.3 Oferta	49
9.2.4 Plaza.....	53
9.2.4.1 Descripción de los canales de distribución.....	53
9.2.5 Promoción y publicidad.....	53
9.3 Análisis Técnico	56
9.3.1 Localización.....	56
9.3.1.1 Factores de localización. Identifique los factores a tener en cuenta para realizar el estudio de localización.....	56
9.3.1.2 Macro localización.	60
9.3.1.3 Micro localización.....	61
9.3.2 Tamaño	61

9.3.2.1 Tamaño óptimo	61
9.3.3 Ingeniería del proyecto	62
9.3.3.1 Descripción técnica del producto o servicio.....	62
9.3.3.2 Identificación y selección del proceso de producción.....	66
9.3.3.3 Inversiones en maquinaria y equipo, muebles y enseres.....	74
9.3.3.4 Descripción de insumos.	76
9.3.3.5 Determinación de mano de obra necesaria.....	77
9.3.3.6 Distribución Interna.....	82
9.4 Análisis administrativo	83
9.4.1.1 Organigrama.....	83
9.4.1.2 Requerimientos de personal.	85
9.4.1.3 Contratación de personal.....	87
9.4.1.4 Requerimientos de equipos, software, muebles y enseres.....	87
9.4.1.5 Requerimientos de materiales de oficina.....	87
9.4.1.6 Requerimientos de servicios.....	87
9.5 Análisis Legal	88
9.5.1.1 Tipo de Sociedad.....	88
9.5.1.2 Requisitos legales.....	88
9.5.2 Inversiones y financiación	89
10. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	90
10.1 Evaluación Financiera.....	90
10.1.1 Conclusión general de la evaluación financiera.....	95
CONCLUSIONES	96
ANEXOS.....	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	24
<i>Referentes Bibliográficos</i>	24
Tabla 2.....	47
Luminarias instaladas actualmente zona urbana	47
Tabla 3.....	47
<i>Luminarias instaladas actualmente zona rural</i>	47
Tabla 4.....	51
<i>Clasificaciones contribuyentes impuesto de alumbrado público por servicio de energía facturado</i>	51
Tabla 5.....	52
<i>Clasificaciones contribuyentes impuesto de alumbrado público por tipo de bien inmueble</i>	52
Tabla 6.....	74
<i>Inversiones en maquinaria, equipos, muebles y enseres</i>	74
Tabla 7.....	76
<i>Insumos</i>	76
Tabla 8.....	77
<i>Mano de obra</i>	77
Tabla 9.....	85
<i>Requerimientos de personal</i>	85
Tabla 10.....	88
<i>Requerimientos de servicios</i>	88
Tabla 11.....	92
<i>Resultado escenario 1. Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público</i>	92
Tabla 12.....	93
<i>Resultado escenario 2. Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público</i>	93
Tabla 13.....	94
<i>Resultado escenario 13 Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público</i>	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	36
<i>Localización del Municipio de Abejorral, Antioquia</i>	36
Figura 2	56
<i>Esquema de diseño para perfil de vía y luminaria led</i>	56
Figura 3	57
<i>Clase de iluminación para vías vehiculares</i>	57
Figura 4	58
<i>Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes</i>	58
Figura 5	58
<i>Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas</i>	58
Figura 6	60
<i>Macro localización del proyecto. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral</i>	60
Figura 7	63
<i>Luminarias LED de referencia. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral</i>	63
Figura 8	64
<i>Esquema utilización de la luz en luminaria LED vs convencional</i>	64
Figura 9	65
<i>Referencia Fotometría luminaria LED</i>	65
Figura 10	68
<i>Curva fotométrica luminaria LED de referencia. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral</i>	68
Figura 11	70
<i>Datos de entrada y resultados de simulación. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral</i>	70
Figura 12	70
<i>Hoja del software de diseño DIALux para el cálculo de iluminación sobre la superficie de calculo vía y andenes</i>	70
Figura 13	71
<i>Hoja del software de diseño DIALux. Resultado de parámetros de iluminación sobre la superficie de cálculo vía y andenes</i>	71
Figura 14	71

<i>Imágenes de referencia cálculo de diseño y vía típica del Municipio de Abejorral</i>	71
Figura 15	73
<i>Proceso de implementación modernización Municipio de Abejorral</i>	73
74	
Figura 16	74
<i>Imágenes de referencia Marcación Luminarias Led</i>	74
Figura 17	82
<i>Distribución en el espacio</i>	82
Figura 18	83
<i>Estructura implementación modernización alumbrado público</i>	83
Figura 19	89
<i>Estructura implementación modernización alumbrado público</i>	89

TÍTULO

Estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral, Antioquia.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto es producto de realizar un estudio de prefactibilidad para analizar la viabilidad técnica y financiera para implementar la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral oriente antioqueño, haciendo un recambio de las luminarias existentes por luminarias de tecnología Led.

Además, el proyecto permitirá materializar el cambio de tecnología con la viabilidad de un modelo financiero para un sistema de alumbrado público con luminarias LED que potencialice la prestación del servicio bajo los criterios de eficiencia energética, confiabilidad en el sistema y sostenibilidad en el tiempo.

Objetivo:

Realizar el estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral, Antioquia, analizando la viabilidad técnica, financiera y beneficios del proyecto al sistema de alumbrado del Municipio.

Metodología: Se realizó una revisión del contexto del alumbrado público en el municipio, las condiciones de la infraestructura, el servicio de alumbrado público, cumplimiento de la normatividad vigente, impactos y beneficios que trae para el municipio realizar el recambio de tecnología luminarias Led.

Se realizaron levantamiento de perfiles de vía tipo del municipio y se realizó la validación en el software de iluminación cumpliendo con los requerimientos del RETILAP; de esta manera se estableció un equivalente de reemplazos para la potencia de las luminarias Led.

El proceso de modernización se analizó bajo tres escenarios de inversión para la implementación del proyecto en todos considerando el recambio del 100% de las luminarias actuales en el Municipio a luminarias en tecnología Led.

El primer escenario propuesto es en donde el Municipio por medio de una entidad financiera financia el 100% de la inversión para el proyecto, el segundo escenario el Municipio aporta el 50% de la inversión con recursos del recaudo del impuesto y el otro 50% lo financia con una entidad, y el tercer escenario es el caso donde el Municipio financia el 100% de la inversión para el proyecto.

Conclusión:

El municipio requiere de una intervención inmediata en el sistema de alumbrado público. El cambio de tecnología a luminarias Led para el sistema de alumbrado público del Municipio de Abejorral es una alternativa de inversión, eficiencia energética y desarrollo sostenible, ya que más allá de los beneficios económicos, modernizar el sistema de alumbrado público garantiza vías más iluminadas, más seguras, contribuye con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y le genera ingresos al municipio.

Resultados:

Según los resultados obtenidos en el modelo financiero, la opción que más se ajusta para llevar a cabo la modernización del sistema es el segundo escenario donde el Municipio aporta el 50% de la inversión con recursos del recaudo del impuesto y el otro 50% lo financia con una entidad financiera. Realizar el recambio de luminarias a LED en el sistema de alumbrado público genera para el municipio ahorros en el consumo de energía, en Administración, Operación y Mantenimiento AOM, confiabilidad en el sistema y sostenibilidad a largo plazo; además de los beneficios ambientales.

Palabras clave: Alumbrado Público Led, eficiencia energética, Luminarias Led, servicio de alumbrado público, sistema de alumbrado público, sostenibilidad, municipio, prefactibilidad, evaluación financiera.

ABSTRACT

The present project is the product of carrying out a pre-feasibility study to analyze the technical and financial feasibility to implement the modernization of the public lighting system in the municipality of Abejorral Antioquia, making a replacement of existing luminaires by LED technology luminaires.

In addition, the project will allow to materialize the change of technology with the feasibility of a financial model for a public lighting system with LED luminaires that improves the provision of the service under the criteria of energy efficiency, reliability in the system and sustainability over time.

Objective: Realize the study of predictability for the modernization of the public lighting system in the municipality of Abejorral, Antioquia, analyzing the technical, financial feasibility and benefits of the project to the lighting system of the Municipality.

Methodology: A review was carried out of the context of public lighting in the municipality, the conditions of the infrastructure, the service of public lighting, in compliance with current regulations, impacts and benefits that brings to the municipality to replace with led luminaires technology.

Type track profiling of the municipality was carried out and validated in the lighting software in compliance with the requirements of RETILAP; in this way an equivalent of replacements was established for the power of Led luminaires. The modernization process was analyzed under three investment scenarios for the implementation of the project in all considering the replacement of 100% of the current luminaires in the Municipality to luminaires in Led technology.

The first scenario proposed is where the Municipality, through a financial institution, finances 100% of the investment for the project, the second scenario, the Municipality contributes 50% of the investment with resources from the tax collection and the other 50% finances it

through one entity, and in the third scenario, the Municipality finances 100% of the investment for the project.

Conclusion: The municipality requires immediate intervention in the street lighting system. The switch from previous technology to Led luminaires for the public lighting system of the Municipality of Abejorral is an alternative investment, energy efficiency and sustainable development. Beyond the economic benefits, modernizing the street lighting system ensures brighter, safer roads, contributes to the reduction of greenhouse gas emissions and generates income for the municipality.

Results: Based on the results obtained in the financial model, the option that best fits to carry out the modernization of the system is the second scenario where the Municipality contributes 50% of the investment with tax collection resources and the other 50% financed through a financial institution. Performing the replacement of led luminaires in the public lighting system generates savings in energy consumption for the municipality, in Administration, Operation and Maintenance AOM, reliability in the system and long-term sustainability; in addition to the environmental benefits.

Keywords: Led street lighting, energy efficiency, Led luminaires, street lighting service, street lighting system, sustainability, municipality, predictability, financial assessment.

INTRODUCCIÓN

El estudio tiene como finalidad aplicar los conceptos aprendidos en la Especialización en Gerencia de Proyectos que se articula con la experticia de los autores como ingenieros electricistas, generando la oportunidad de participar en la supervisión y ejecución de proyectos de alumbrado público en diferentes municipios de Antioquia. Es así, como en este proceso de formación encontramos que es de gran interés en desarrollar este estudio de ingeniería que busca determinar la prefactibilidad para la modernización del alumbrado público en tecnología Led, con luminarias más eficientes, con mejores especificaciones técnicas, mayor confiabilidad en la prestación del servicio y en línea con la sostenibilidad y eficiencia energética; permitirá dar solución integral a los problemas que presenta actualmente el Municipio en el sistema de alumbrado público y con grandes beneficios en términos del mejoramiento de la infraestructura pública de alumbrado con criterios económicos, sociales, ambientales y de seguridad.

El presente trabajo se va a estructurar de acuerdo con la guía para la presentación del proyecto diseñada por la Institución:

Del numeral 1 hasta el 8 son elementos que definen el anteproyecto en donde se expone el planteamiento del problema, se plantea el objetivo general y específicos, se presenta la justificación, limitaciones de la investigación, marco de referencia, marco metodológico, entrega, difusión, divulgación del proyecto y los usuarios potenciales y sectores beneficiados.

El numeral 9 y 10 es el desarrollo de los estudios de prefactibilidad, en el numeral 9 se realiza la formulación del proyecto aquí se encuentra el análisis sectorial, de mercados, técnico, administrativo y legal y en el numeral 10 se realiza la evaluación del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad es de gran impacto para el desarrollo de ciudades y municipios contar con una infraestructura moderna, eficiente y confiable para el sistema de alumbrado público, ya que esto se convierte en beneficios socioeconómicos para el municipio como ahorro de energía, desarrollo de la infraestructura con un sistema moderno y eficiente, mejoras en temas de movilidad, mayor sensación de seguridad y apropiación de la infraestructura al hacer uso de los espacios públicos por parte de sus habitantes.

En este sentido, las entidades municipales se ven obligados a responder y adecuar los sistemas de alumbrado público con nuevas tecnologías de mayor eficiencia y mejorar la calidad del servicio.

La mayoría de los municipios de cuarta y quinta categoría a nivel regional no cuentan con los recursos suficientes ni con personal idóneo para responder y proveer de sistemas modernos de alumbrado público, en línea con la sostenibilidad y eficiencia energética.

El municipio es el responsable de la prestación del servicio de alumbrado público, en la actualidad el sistema de alumbrado con el que cuenta el Municipio es obsoleto y deficiente, por lo tanto, se requiere realizar un cambio en la infraestructura y prestación del servicio.

Actualmente, el municipio cuenta con una infraestructura existente con bombillas de sodio de alta presión HID o de descarga en toda la zona urbana del municipio y en algunos sectores de la zona rural, indicando que para este sector la cobertura en alumbrado público no supera el 1%. Es importante destacar que las luminarias actuales en su mayoría tienen un tiempo mayor a 10 años de instalación, por lo tanto, ya cumplieron su vida útil de operación y por lo tanto es necesario realizar una sustitución a una tecnología moderna que permita tener un sistema de iluminación con mayor eficiencia, mayor vida útil, con mejores índices de reproducción de color, mayor ahorro por consumos de energía y con menores emisiones de gases de efecto invernadero CO₂.

También es importante resaltar, que los componentes que conforman el sistema de alumbrado público del municipio como postes, cableado, brazos metálicos y fotoceldas, se encuentran en mal estado o cumplieron su vida útil.

Debido a esto, se identifica una problemática en el sistema de alumbrado Público del Municipio, a causa de:

Inseguridad por falta de iluminación en las vías y espacios públicos

La seguridad es uno de los componentes más importantes para los gobiernos de turno y la comunidad, la existencia de alumbrado público en las vías principales y secundarias del municipio se encuentra asociado como uno de los mecanismos que permite generar una percepción de seguridad y tranquilidad para las personas que transitan en horas de la noche por cada una de ellas; actualmente por el crecimiento de la población, conformación de nuevos barrios y expansión de la malla vial se evidencia que algunas vías no cuentan con cobertura del sistema de alumbrado público, lo que ha generado que se creen espacios para hurtos y focos de inseguridad; y en algunos puntos existentes las luminarias se encuentran fuera de servicio y no hay intervención por parte de la empresa encargada de realizar el mantenimiento del sistema. Por lo anterior, se hace necesario realizar la intervención de modernización de la infraestructura de alumbrado público con el fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema, mejorar la percepción de inseguridad por parte de la comunidad o población beneficiada y que posiblemente no todos los problemas por delitos o plazas de vicio en espacio público se solucionen con este tipo de proyectos, pero si será un elemento fundamental para la mitigación y el desarrollo de las ciudades.

Luminarias ineficientes

Las luminarias que existen actualmente en la infraestructura del alumbrado son de sodio de alta presión, y al ser de este tipo de gas, tienden en el tiempo a desgastarse exponencialmente, además de no tener una buena hermeticidad, lo que hace que además de ser ineficientes, requieran de mayor mantenimiento para su óptimo funcionamiento.

La eficiencia de una fuente luminosa son los lúmenes que entrega por cada vatio consumido (lm/W), la luz de la luminaria Led es mucho más controlable comprada con una luminaria de sodio, y al generar mayor flujo luminoso por Watio consumido representa un mayor coeficiente de utilización, lo que garantiza que la mayor parte del flujo luminoso de la luminaria llegue a la

zona a iluminar y no sea dispersado en el aire perdiéndose el flujo luminoso en algo que no se desea iluminar.

Realizar un proceso de modernización óptimo con luminarias eficientes permitirá contar con luminarias de mayor eficiencia, que generen grandes beneficios socioeconómicos para el sistema de alumbrado y que además cumpla con la normatividad vigente Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

Desconocimiento de la norma

Según Decreto 943 de 2018, el servicio de Alumbrado Público comprende las actividades de suministro de energía eléctrica al sistema de alumbrado público, la administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión de dicho sistema, el desarrollo tecnológico asociado a él, y la interventoría en caso de que aplique.

El Decreto 2424 del 18 de Julio de 2006, establece que los entes Municipales o Distritales son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público, de manera directa o indirecta, a través de empresas de servicios públicos u otros prestadores del servicio de alumbrado público que demuestren la idoneidad en la prestación de este. De acuerdo con lo anterior, los municipios o distritos son los encargados de garantizar la continuidad y calidad en la prestación del servicio de alumbrado público, así como los niveles adecuados de cobertura. Los municipios o distritos deben de elaborar un plan anual del servicio de alumbrado público donde contemplen la expansión del mismo, armonizado con el plan de ordenamiento territorial y planes de expansión de otros servicios públicos, cumpliendo con las normas técnicas RETILAP y uso eficiente de energía. Así como incluir en sus rubros presupuestales los costos de la prestación del servicio y los ingresos obtenidos por el impuesto de alumbrado público, por la sobretasa al impuesto predial en caso de que se establezca como mecanismo de financiación.

Adicionalmente, el Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público en agosto de 2009; el RETILAP es la norma actual por la cual se deben regir todos los sistemas de iluminación interior y exterior, con el fin de garantizar

niveles de iluminación óptimos, para ofrecer seguridad y confort visual, y un aprovechamiento de energía.

Por lo anterior, y en la mayoría de casos los municipios no cuentan con personal idóneo y con experiencia en el tema lo que genera un desconocimiento al momento de la implementación de los modelos de gestión para el sistema de alumbrado público y uso ineficiente de los recursos para tal fin.

En este mismo sentido, las administraciones municipales para este tipo de Municipios no cuentan con los recursos suficientes para proveer de nuevas o modernas infraestructuras de acuerdo con las necesidades, cambios energéticos y confiabilidad en el sistema; adicionalmente, el desconocimiento técnico, normativo de los funcionarios a cargo de estos temas al interior de la administración y las dificultades que se presentan para acceder a financiación para invertir en este tipo de proyectos.

Por lo anterior, el mayor impacto debido a la problemática presentada es hacia la ciudadanía en general del Municipio; afecta a las personas que se movilizan en cualquier tipo de vehículo por vías urbanas y rurales del municipio porque no sienten seguridad o tranquilidad en los desplazamiento o zonas de espacio público para compartir, a los comerciantes por la economía nocturna porque, el ciudadano al no sentirse seguro por las calles del municipio no va a transitar o querer salir a comprar y consumir, y esto se verá reflejado en el comercio nocturno afectando la economía para este sector, y finalmente a la administración Municipal, porque el municipio como responsable de la prestación del servicio de alumbrado público debe garantizar el mantenimiento, operación, modernización, reposición y expansión del sistema de alumbrado público, y este servicio e infraestructura se convierte en un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad o municipio y significar un cambio radical para los mismos, porque aporta en una serie de oportunidades para los gobiernos de turno como bajar el consumo de energía, en los costos de operación y mantenimiento y reducir las emisiones de carbono.

Teniendo en cuenta lo anterior, se identifica un impacto negativo en el Municipio por temas de inseguridad, percepción y confort visual disminuye porque las luminarias pierden niveles

óptimos de iluminación (flujo luminoso) hacía vías y andenes; también por falta de apropiación de la infraestructura, sentido de pertenencia de los ciudadanos.

También, en el aspecto económico hay mayor demanda de recursos para realizar mantenimientos y atención de emergencias (luminarias fuera de servicio) debido a la infraestructura obsoleta y quizás con más inconvenientes o fallas en el sistema (luminarias quemadas, balastos quemados, sin difusores, cables deteriorados o pelados...)

Ahora, en cuanto al entorno ambiental, también hay un impacto menor, porque no se estaría aportando a las políticas de sostenibilidad y disminución de emisiones por efecto invernadero que es uno de los objetivos a nivel mundial, la tendencia a la que la dinámica del mundo está migrando, y a lo que el gobierno nacional está comenzando a apuntar.

Debido a estos beneficios, el reemplazo del sistema existente o antiguo por tecnología moderna en LED es una solución para tener un sistema de alumbrado público confiable que proporcionen buenos resultados en términos de eficiencia desde el punto de vista energético, en la contribución a la reducción de la huella de carbono y aplicando la normatividad vigente para estos sistemas.

Por todo lo anteriormente mencionado, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Será factible desde el punto de vista financiero, la modernización del sistema de alumbrado público en el Municipio de Abejorral, Antioquia?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar el estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral, Antioquia.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión del contexto actual del sistema de alumbrado público en el Municipio de Abejorral.
- Desarrollar un estudio de ingeniería que permita la identificación de las condiciones técnicas impacto y beneficios de hacer la modernización del sistema de alumbrado público.
- Hacer un análisis administrativo y jurídico del proyecto.
- Evaluar financieramente el proyecto bajo criterios económicos para realizar el cambio de tecnología del alumbrado público

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, es de gran importancia para el desarrollo de ciudades y municipios contar con redes modernas y confiables para el alumbrado público, que generen ahorro de energía, aporten al desarrollo de infraestructura y economía del municipio, a la sostenibilidad e impacten en los aspectos de la población como seguridad, apropiación de la infraestructura y disfrute de los espacios públicos.

De acuerdo con (Decreto 2424, 2006), el alumbrado Público es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito.

El Municipio es el responsable de la prestación del servicio de alumbrado público, el cual comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

La mayoría de los Municipios de cuarta y quinta categoría de Antioquia, no cuentan con los recursos suficientes, tampoco personal idóneo para responder y proveer de nuevas infraestructuras y tecnologías de acuerdo con la dinámica de desarrollo global y la transformación energética que cada vez se encuentra con nuevas exigencias y desarrollos tecnológicos que inciden en los sistemas de energía como es el caso de las redes inteligentes y el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente que vayan en línea con la sostenibilidad.

El proyecto generará beneficios a la comunidad, ya que, permitirá que los ciudadanos cuenten con espacios más seguros y de esta forma hay aumento de la percepción de seguridad por las personas de estos espacios, incremento del uso de los espacios públicos, también beneficia al sector comercio ya que, más personas podrán salir con tranquilidad a las vías públicas y eso lleva asociado un consumo en el sector comercial. Adicional, resuelve el tema de cumplimiento con la exigencia que hace la norma a cada municipio como responsable del sistema.

Con este estudio de ingeniería, se busca determinar la prefactibilidad para la modernización de alumbrado público del Municipio, con el fin de mejorar las condiciones en la red de alumbrado público, con una nueva tecnología en Led, con luminarias más eficientes, con mejores especificaciones técnicas y mayor confiabilidad en el servicio, permitirá dar solución al problema que actualmente presenta el alumbrado Público del Municipio de forma articulada y eficiente.

4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de información actualizada del sistema de alumbrado público por parte del Municipio, como los puntos luminosos existentes, las variables eléctricas que componen a cada una de las Luminarias instaladas, vías o zonas con deficiencias de iluminación, información sobre costos de mantenimiento, número de solicitudes de atención, tanto en zona urbana como rural; entre otras se considera como una limitación para el desarrollo del estudio de prefactibilidad.

También, hay que tener en cuenta la disposición o voluntad por parte de los gobernantes y partidos políticos que actualmente se encuentren en la administración Municipal, para dar aprobación y apoyo para el desarrollo de los proyectos.

El Municipio de Abejorral se encuentra ubicado en el oriente del Departamento de Antioquia, aproximadamente a dos horas y quince minutos de la Ciudad de Medellín, por lo tanto, se deberá contemplar y coordinar muy bien las actividades durante el estudio, debido a los desplazamientos para llegar al Municipio.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 Estado del Arte

El alumbrado público es el servicio público no domiciliario de iluminación, inherente al Servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades (Decreto 2424, 2006).

En la actualidad, los sistemas de alumbrado público encuentran en una migración de tecnología, por fuentes más eficientes y menos contaminantes como lo es la tecnología LED, los sistemas de alumbrado público tienden a cambiar en la totalidad las luminarias obsoletas en fuentes de sodio a Led con el fin de fomentar el uso racional y eficiente de la energía, ahorrar en los costos por consumo de energía eléctrica, disminuir la contaminación por efectos de emisiones de gases de efecto invernadero, uso de tecnologías más eficientes y buscar mejorar la seguridad y confort visual de las personas en las vías públicas.

Para el presente trabajo se realizó una revisión de la bibliografía existente relacionada con la modernización de alumbrado público y se encontró la siguiente información:

(Plazas Tovar, 2009), realizó el proyecto *“cambio de tecnología del alumbrado público en la ciudad de Tunja desde una perspectiva técnica y económica”*, donde analizaron la viabilidad técnica y económica y los beneficios de un cambio tecnológico en materia de Alumbrado Público en la ciudad de Tunja, capital del Departamento de Boyacá – Colombia; donde se reemplazarán las luminarias de descarga instaladas actualmente por luminarias de tecnología LED.

(Acuña Roncancio, 2011) realizó el trabajo de grado Impacto del alumbrado público con LEDs en la red de distribución y analizó lo siguiente:

El tema abordado en esta tesis fue la determinación del impacto de las luminarias de LEDs usadas en el alumbrado público sobre la calidad de potencia de la red distribución, a partir del desarrollo de un modelo y la simulación de su operación en un circuito de distribución. Se adoptó

una metodología de modelamiento de carga no lineal en el dominio del tiempo a través del modelo dinámico que relaciona la tensión y corriente de la carga. Para esto se realizaron mediciones en condiciones de laboratorio a cada una de las muestras disponibles y, a través de las señales características de tensión y corriente, se halló el valor de los parámetros del modelo dinámico que representa cada una de las cargas evaluadas. Se implementaron los modelos obtenidos para simular un circuito típico de alumbrado público, donde se estimaron los parámetros eléctricos y lumínicos. A partir de los resultados de simulación y de medición en campo, se estableció que el desarrollo de los drivers empleados con la tecnología LED hace que su utilización en la red sea favorable, dado que mejora el factor de potencia y mantiene el índice de distorsión total alrededor del 3 %; en materia óptica, las luminarias de LED aún deben mejorar en pro de alcanzar una mayor eficiencia, mejor distribución de luz e índice de reproducción de color.

(Donado M & Hernández R, 2013) presentan la guía metodológica para la Prestación del Servicio de Alumbrado Público como herramienta para municipios y distritos en la prestación del servicio de alumbrado público “para ser usada por las entidades territoriales y agentes interesados en la prestación del servicio de alumbrado público con el objeto de efectuar cada una de las actividades bajo los lineamientos que la reglamentación nacional vigente demanda. En ella se describe el proceso metodológico a través de una serie de fases, desde planeación, organización, ejecución y control de la prestación del servicio de alumbrado público. En la actualidad el estado colombiano establece los mecanismos administrativos que conllevan a que los recursos públicos sean invertidos de forma cada vez más efectiva. En este sentido y ante la evolución tecnológica y globalización de mercados, se requiere de conocimiento especializado apto para la ejecución de las actividades referidas a la contratación pública. Sin embargo, el desarrollo no se da en la misma medida en todos lados, lo que pone en desventaja a la gran mayoría de municipios en Colombia, por lo que a la hora de prestar el servicio de alumbrado público en muchos casos se evidencia precisamente esa falta de conocimiento”.

En tal sentido, cada vez más el desarrollo de tecnologías en el sector energético demanda la atención en mejorar y optimizar los sistemas de alumbrado público; como lo menciona (Flores Arias, 2013) en el trabajo Confiabilidad de los sistemas de alumbrado público en el contexto de

la Smart Grid donde describe y analiza el aumento de la confiabilidad de la red de alumbrado público pasa por dotarla de una conciencia propia que le permita conocer su estado, con una información fiable y el tiempo real por medio de una red de comunicación bidireccional que integre una infraestructura de medición avanzada (AMI) y la incorporación de dispositivos de proceso independientes capaces de comunicarse y cooperar entre sí a fin de conformar una plataforma de computación distribuida. Estas características están plenamente recogidas en las claves tecnológicas de la Smart Grid y que son: comunicaciones integradas en la red de distribución, métodos de control avanzados, sensores, y medidores e instrumentos.

Elementos avanzados en la red de distribución. Soporte de decisiones de operador e interfaces hombre-máquina. La incorporación de estas claves en el servicio público de alumbrado permitiría actualizar una tecnología que, en la actualidad, es ineficiente tanto en la gestión como en el consumo. Diversos estudios estiman un potencial de ahorro de hasta un 20% sólo interviniendo en la gestión del servicio y de hasta un 50% con una renovación tecnológica. Dos de los factores que, por tanto, más afectan a una instalación de alumbrado son la regulación del control de flujo luminoso y el mantenimiento de las condiciones de servicio, aumentando la inmunidad contra eventos de tensión y maximizando la vida útil de los elementos de alumbrado.

Esta tesis propone la actuación sobre dos de los bloques funcionales que conforman una unidad de punto de luz de una instalación de alumbrado. En concreto la interfaz de iniciación de usuario y el control de energía. Sobre el primer bloque, mediante una interfaz integrable en el balasto de la lámpara que permita su telegestión (control de nivel luminoso, optimización de los ciclos de alumbrado conforme a la norma vigente y a criterios de eficiencia) y la obtención de un conjunto de datos útiles sobre su funcionamiento que faciliten la gestión del mantenimiento en particular y del servicio completo en general.

Algunos otros referentes bibliográficos de estudios similares para sistemas de alumbrado público se relacionan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1.
Referentes Bibliográficos

No.	Título	Autor	Descripción
1	Análisis, diseño y selección de alternativas de iluminación para alumbrado público con nuevas tecnologías	(Alcántara Menjumea y Labán Hajar, 2018)	Este trabajo tiene un alcance de valoración de las condiciones del sistema de alumbrado público en la ciudad de Lima, en el cual, se evaluará el consumo de energía eléctrica del alumbrado público y la influencia de aplicar una nueva tecnología respecto a la tecnología convencional. El enfoque fue de proponer una renovación y mejoramiento en el alumbrado público de la ciudad, haciendo uso de nuevas tecnologías, se va a considerar una muestra representativa de un sistema de iluminación con tecnología convencional.
2	Iluminación y alumbrado público	(López Arias, 2015)	Este texto contiene información regulatoria y técnica sobre los sistemas de alumbrado público e iluminación nacional, planteando un paralelo con los sistemas internacionales y dando por sentados objetivos y nortes de dichos sistemas.
3	Elaboración de un estudio técnico y económico que satisfaga las necesidades de cobertura y modernización del alumbrado público en el municipio de Soacha, Cundinamarca	(Hernández Estupiñan, 2020)	Estudio técnico y económico que sustente las necesidades de expansión y modernización del alumbrado público en el municipio de Soacha Cundinamarca, considerando el mejorando de las condiciones actuales de iluminación del parque lumínico existente.
4	Cómo se iluminan las ciudades inteligentes	(García Fuentes, 2019)	Smart cities Urban planning Green technology Cities & towns -- Mexico Energy consumption Clean energy

5	Alumbrado público inteligente global y las ciudades inteligentes de mercado informe de previsión	(Research and Markets, 2019)	El "Global inteligente de iluminación de la calle y las ciudades inteligentes: Previsión de mercado (2019-2028)" Lo nuevo en 2019 en iluminación y ciudades inteligentes 2. Los beneficios y desafíos de LED y farolas inteligentes 3. Previsión de mercado 4. Panorama regional 5. Proveedores
6	Revisión del Alumbrado Público Inteligente LED	(D. J. Rodríguez-Patarroyo, I. F. Cely-Garzón, C. A. Letrado-Forero, 2019)	This Literature Review article is the result of research on the current situation of smart public lighting systems with light-emitting diode (LED) technology in cities around the world.

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Fundamentos Sobre Proyectos

(Miranda Miranda , 2012) indica en su libro Gestión de Proyectos que la etapa de formulación o preinversión permite clarificar los objetivos del proyecto y analizar en detalle las partes que lo componen. Dependiendo de los niveles de profundización de los diferentes aspectos, se suelen denominar los estudios como: "identificación de la idea", "perfil preliminar", "estudio de prefactibilidad ", "estudio de factibilidad" y "diseño definitivo"; en cada uno de los cuales se examina la viabilidad técnica, económica, financiera, institucional y ambiental y la conveniencia social de la propuesta de inversión.

El estudio de prefactibilidad es la etapa donde se depuran, “en un mayor grado de detalle, los aspectos de consumo, técnicos, financieros, institucionales, administrativos y ambientales elaborados en la fase anterior (para cada alternativa o variante), y acudiendo si es preciso a información primaria para algunas variables consideradas como relevantes, con el fin de contrastar las hipótesis inicialmente planteadas.

Se debe incluir en el estudio, entre otros, los aspectos generales del entorno socioeconómico, análisis de mercado identificando las principales variables que afectan su comportamiento (producto, demanda, oferta, procesos de comercialización, precios, etc.); definiendo en principio alternativas de tamaño y localización con todas las restricciones que puedan incidir; seleccionando un modelo técnico adecuado; diseñando una organización para las etapas de instalación y operación; determinando las inversiones, costos y utilidades; y finalmente aplicando criterios de rentabilidad financiera, económica, social y ambiental según el caso.” (Miranda Miranda , 2012)

Según (Corea y Asociados, 2008) en el Manual para la Elaboración de Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad, indican que en el estudio de prefactibilidad se pretende una justificación socioeconómica preliminar del proyecto, mediante el uso de fuentes de información provenientes de visitas rápidas de campo e información de gabinete recopilada en las instituciones del estado. En esta etapa de los estudios, se utiliza la información socioeconómica de campo disponible y los costos de construcción producto de un inventario de necesidades detectadas preliminarmente en el camino.

En el libro Evaluación de Proyectos, (Bacca Urbina, 2010) afirma que “en un estudio de evaluación de proyectos se distinguen tres niveles de profundidad. Al más simple se le llama perfil, gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos monetarios sólo presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de terreno.

El siguiente nivel se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto, según (Bacca Urbina, 2010); este estudio profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión.”

La evaluación financiera del proyecto es la parte final de la secuencia del análisis de factibilidad de un proyecto para ver si la inversión propuesta será económicamente rentable, como lo menciona (Escalona, 2010).

La evaluación financiera del proyecto se realiza con el propósito de determinar si los recursos destinados al proyecto o inversión crearán un valor, es decir creación de riqueza para los inversionistas, utilizando las herramientas como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR), Costo anual equivalente (CAE), la Relación Beneficio costo RBC, entre otros con el fin de establecer la conveniencia de un proyecto desde el punto de vista económico de una inversión.

El VPN “es el resultado de descontar (traer a valor presente) los flujos de caja proyectados de una inversión a la tasa de interés de oportunidad o costo de capital y sustraerle el valor de la inversión.” (Escalona, 2010). También se conoce como el valor actual neto (VAN), definiéndose como la diferencia entre los ingresos y egresos (incluida como egreso la inversión) a valores actualizados.

El método del VPN es uno de los más utilizados y aceptados en evaluación de proyectos, mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios que exceden a la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. (Sapan & Sapag, 2007)

La ganancia anual que tiene cada inversionista se puede expresar como una tasa de rendimiento o de ganancia anual llamada tasa interna de rendimiento.

Según (Meza O, 2004) la TIR es la tasa de descuento que hace el VPN igual a cero, es decir, la suma de los flujos futuros en valor presente es igual a la inversión inicial.

La TIR se compara con la tasa de interés relevante, es decir, con la rentabilidad de la mejor alternativa de uso de los recursos que se emplean en el proyecto.

El costo anual equivalente (CAE), también llamado costo anual uniforme equivalente (CAUE) “consiste en convertir los ingresos y egresos asociados al proyecto en cantidades anuales iguales equivalentes. (...) El término costo anual por lo general hace referencia a cuotas anuales, pero en realidad éstas pueden expresarse para cualquier periodo.” (Meza O, 2004)

El período de recuperación de la inversión permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial. (Vaquiro, 2010)

De acuerdo con (Escalona, 2010) el método CAE es muy utilizado en proyectos que no cuenten con ingresos, debido a que cuando las vidas útiles de los proyectos a comparar son diferentes, el CAE permite realizar los cálculos de un solo proyecto e igualarlo al CAE de varios proyectos; también es aplicable en proyectos con beneficios y retorno de la inversión.

La Relación Beneficio a Costo RBC, también llamada índice de productividad, es la razón presente de los flujos netos a la inversión inicial. Este índice se usa como medio de clasificación de proyectos en orden descendente de productividad. (Escalona, 2010)

5.2.2 Conceptos generales sobre Alumbrado Público y prestación del Servicio

El alumbrado público es el Servicio Público no domiciliario de iluminación, inherente al Servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades.

De acuerdo a lo estipulado en (Decreto 2424, 2006) el servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión de dicho sistema, el desarrollo tecnológico asociado a él, y la interventoría en los casos que aplique.

No se considera servicio de alumbrado público la semaforización, los relojes digitales y la iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos de uso residencial, comercial, industrial o mixto, sometidos al régimen de propiedad horizontal, la cual estará a cargo de la copropiedad. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del municipio o distrito con excepción de aquellos municipios y distritos que presten el servicio de alumbrado público en corredores viales nacionales o departamentales que se encuentren dentro de su perímetro urbano y rural. Tampoco se considera servicio de alumbrado público la iluminación ornamental y navideña en los espacios públicos.

Los desarrollos tecnológicos asociados al servicio de alumbrado público, según (Decreto 2424, 2018) se entienden como aquellas nuevas tecnologías, desarrollos y avances tecnológicos para el sistema de alumbrado público, como luminarias, nuevas fuentes de alimentación eléctrica, tecnologías de la información y las comunicaciones, que permitan entre otros una operación más eficiente, detección de fallas, medición de consumo energético, georreferenciación, atenuación lumínica, interoperabilidad y ciberseguridad.

De acuerdo con (Decreto 943, 2018) los municipios o distritos son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público, el cual podrán prestar de manera directa, o a través de empresas de servicios públicos domiciliarios u otros prestadores del servicio de alumbrado público que demuestren idoneidad en la prestación de/mismo, con el fin de lograr un gasto financiero y energético responsable.

La modernización, expansión y reposición del sistema de alumbrado público debe buscar la optimización de los costos anuales de inversión, suministro de energía y los gastos de administración, operación, mantenimiento e interventoría, así como la incorporación de desarrollos tecnológicos. Las mayores eficiencias logradas en la prestación del servicio que se generen por la reposición, mejora, o modernización del sistema, deberán reflejarse en el estudio técnico de referencia.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 351 de la Ley 1819 de 2016 (Ministerio de Minas y Energía, 2018) los municipios y distritos deberán realizar, dentro de un plazo razonable, un estudio técnico de referencia de determinación de costos estimados de prestación en cada actividad del servicio de alumbrado público, que deberá mantenerse público en la página web del ente territorial y contendrá como mínimo lo siguiente:

- a) Estado actual de la prestación del servicio en materia de infraestructura, cobertura, calidad y eficiencia energética. Este incluirá el inventario de luminarias y demás activos de uso exclusivo del alumbrado público y los indicadores que miden los niveles de calidad, cobertura y eficiencia energética del servicio de alumbrado público, establecidos de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2.2.3.6.1.11 del presente decreto.
- b) Definición de las expansiones del servicio, armonizadas con el Plan de Ordenamiento Territorial y con los planes de expansión de otros servicios públicos, cumpliendo con las normas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, así como del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP, al igual que todas aquellas disposiciones técnicas que expida sobre la materia el Ministerio de Minas y Energía.
- c) Costos desagregados de prestación para las diferentes actividades del servicio de alumbrado público, incluido el pago por uso de activos de terceros para este servicio, conforme con la metodología para la determinación de los costos por la prestación del servicio de alumbrado público en los términos del artículo 2.2.3.6.1.8 del presente Decreto.
- d) Determinación clara del periodo máximo en el que el Estudio Técnico de Referencia será sometido a revisión, ajuste, modificación o sustitución atendiendo las condiciones particulares de cada territorio, sin que este periodo supere (4) cuatro años.

En Colombia, es el Ministerio de Minas y Energía el ente encargado de expedir los Reglamentos técnicos que fijen los requisitos mínimos que deben cumplir los diseños, la instalación y los equipos que se utilicen en la prestación del servicio de alumbrado público, y establecer los indicadores de eficiencia energética, calidad y cobertura, aplicables al servicio de alumbrado público así lo indica (Ministerio de Minas y Energía, 2018).

Para este caso rige el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, 2010) que tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación (RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, 2010)

El reglamento igualmente es un instrumento técnico-legal para Colombia, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en los sistemas de iluminación interior y exterior, cumplan con los siguientes objetivos legítimos como lo menciona el (RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, 2010):

- La seguridad nacional en términos de garantizar el abastecimiento energético mediante uso de sistemas y productos que apliquen el uso racional de energía
- La protección de la vida y la salud humana
- La protección de la vida animal y vegetal
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.
- La protección del medio ambiente

En la búsqueda de eficiencias energéticas se ha ido asignando responsabilidades a los diferentes organismos; en el caso de “eficiencia regulatoria” se han dictado por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) diferentes lineamientos que han permitido orientar a los Municipios en algunos aspectos de la cadena de prestación del Servicio. De igual forma, en la búsqueda de eficiencia técnica, el Ministerio de Minas y Energía (MME) ha establecido directrices que han permitido plasmar un camino en materia de renovación tecnológica; la gestión por parte de los municipios ha presentado algunos inconvenientes propios del proceso de aprendizaje de toda primera etapa de concesiones incurriendo en fallas de control de tipo administrativo, técnico y jurídico que han traído consigo problemas en la implementación de los contratos de concesión. Finalmente, la contraloría General de la República de Colombia en

búsqueda de tener control fiscal sobre los contratos presentados, no ha logrado cumplir con el objetivo global dada la multiplicidad de contratos que existen.

Los Gobiernos Municipales, amparados bajo unos lineamientos generales establecidos por el Ministerio de Minas y Energía por medio de la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, decidieron en la mayoría de los casos entregar el contrato de prestación de servicio a empresas especializadas.

Es entonces, cuando aparecen los diferentes esquemas de contratación para la prestación del servicio y con ellos, problemas regulatorios debidos a asimetrías de información entre el Estado y las empresas especialistas en alumbrado, incidencias políticas, falta de lineamientos claros sobre los contratos de concesión y fallas en los esquemas fijados para la remuneración en la prestación del servicio.

Así se evidencia que existen falencias que impiden alcanzar eficiencia en la prestación del servicio, problemas con la designación de costos de operación, mantenimiento, expansión del servicio que derivan en fallas de eficiencia económica; fallas en el proceso de gestión por parte de los Municipios y falta de capacidad técnica adecuada.

La cadena de prestación del servicio abarca el componente de compra de energía, infraestructura, Administración Operación y Mantenimiento (AOM) y comercialización al usuario final. En cuanto al suministro de energía, con objeto de alumbrado público, se encuentra que ésta presenta eficiencia económica toda vez que se permite a los Municipios escoger la forma de compra y se modela como un usuario regulado o no regulado dependiendo de las características propias de la zona, así lo menciona (Andrade, 2008) en pautas y orientaciones para una mejor gestión en los Municipios en los contratos de Alumbrado público Colombia.

En la medida que se haga un uso racional de la energía en el alumbrado público se tendrán significativos ahorros económicos que podrán ser utilizados en otras necesidades. Colombia está en la era de la eficiencia energética por ende cualquier tipo de aporte podrá brindar bienestar a la población en general. Un proyecto de alumbrado público debe aplicar requisitos relacionados con

el URE, los sistemas de alumbrado público diseñados deben cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y no deben exceder los valores máximos de densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) establecidos en el RETILAP, esto con la finalidad de economizar energía y generación de la misma. Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que el 3% del consumo total de energía eléctrica en Colombia para el año 2005 fue por funcionamiento del alumbrado público, podrían generarse enormes ahorros energéticos y beneficios ambientales. Aunque este porcentaje de energía es bajo, se puede distinguir al alumbrado público como un importante foco para el ahorro de energía y la aplicación del uso racional de la misma, Si se tiene en cuenta que ahora las ciudades y las redes de alumbrado público son mucho mayores, este ahorro sería aún más significativo, lo que sería un foco muy grande para atacar y reducir consumo.

Según (López Arias, 2015) en el texto de Iluminación y Alumbrado Público, plantea que para prestar el servicio de alumbrado público, además de energía, se requiere administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión del sistema; pero lo más importante se necesita conocimiento del lugar a iluminar, este conocimiento hace referencia a todos aquellos factores que influyen a la hora de realizar un diseño lumínico como tipología de la vía, caracterización de la misma, necesidades lumínicas del lugar, actividades a realizar en dicho lugar, nivel de seguridad del lugar, disposición de los mástiles, elección de las luminarias de acuerdo a nivel de potencia y flujo luminoso, dimensiones de las partes que conforman la vía como lo son senderos peatonales, antejardines, zonas verdes, calzadas; etc.

Es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades tanto vehiculares como peatonales. También se incluirán los sistemas de semaforización y relojes electrónicos instalados por el Municipio. Por vías públicas se entienden los senderos peatonales y públicos, calles y avenidas de tránsito vehicular según lo indica (López Arias, 2015).

De acuerdo con el artículo de investigación de (Echavarría Molina, 2012) Conflicto en las interpretaciones sobre la naturaleza jurídica del servicio de alumbrado público en Colombia, este

servicio público está destinado a la iluminación de los bienes de uso público de una municipalidad. Tal cual se sustenta en los orígenes del servicio, este siempre ha sido suministrado por el municipio para la búsqueda de la seguridad, tranquilidad y visibilidad de los espacios comunes de su localidad.

De la misma manera el Decreto (Decreto 2424, 2006), Resolución 123 (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011) establece que los Municipios o Distritos son los responsables de la prestación del servicio de alumbrado público.

También le corresponde al municipio desarrollar la expansión de su sistema de alumbrado público, sin perjuicio de las obligaciones que señalen las normas urbanísticas o de planeación municipal para el desarrollo urbano.

El suministro de la energía eléctrica para el alumbrado público es responsabilidad de la empresa distribuidora o comercializadora con la que el municipio establezca el respectivo acuerdo mediante convenios o contratos celebrados con tal finalidad. Las características técnicas de la prestación del servicio se sujetarán a lo establecido en los códigos de distribución y de redes.

Las condiciones de vida de una comunidad aumentan "mediante el mejoramiento de las condiciones de iluminación de las aceras, parques, el carácter distintivo de las diferentes localidades de la ciudad" (Páramo P, 2007). Esto se logra con la implementación de infraestructura y servicios a cargo del municipio en desarrollo de sus funciones legales y constitucionales. Comenta además este autor que la iluminación pública hace que la gente se "apropie de la localidad en la noche" y permite, a su vez, la reducción del crimen en algunos sectores vulnerables de la ciudad.

5.2.3 Localización: Municipio de Abejorral

Este estudio de ingeniería se localiza para el Municipio de Abejorral, Antioquia, el cual está ubicado en el oriente del departamento de Antioquia, se encuentra a 2100 m sobre el nivel del mar, su cabecera municipal está a 84 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del

departamento de Antioquia. El municipio posee una extensión de 491 kilómetros, según registra en (Alcaldía del Municipio de Abejorral, 2015) y (DANE, 2018)

Es un pueblo lleno de tradición, arquitectura conservada y se conoce históricamente como la “Tierra de los cien señores”, así lo denominan según (Alcaldía del Municipio de Abejorral, 2015).

Figura 1

Localización del Municipio de Abejorral, Antioquia



5.3 Marco Conceptual

Es importante y por el trabajo que se está realizando en el presente estudio, conocer la definición de estudio de Prefactibilidad. **El estudio de prefactibilidad** corresponde a la fase de pre-inversión de un proyecto; en él se realiza una evaluación de las alternativas identificadas en la etapa de perfil y se realiza un diagnóstico de la situación actual con el que se identifica el problema a solucionar con el proyecto. Esta etapa de la fase de pre-inversión se basa

principalmente en fuentes secundarias de información para la realización del estudio de mercado, el estudio técnico, social, económico y los demás que se consideren necesarios para determinar si se quiere postergar el proyecto, reformularlo, abandonarlo o continuar su estudio a nivel de factibilidad.

Otro concepto esencial para el presente estudio de ingeniería es el de **Alumbrado Público** es el servicio público no domiciliario de iluminación, inherente al Servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión de dicho sistema, el desarrollo tecnológico asociado a él, y la interventoría en los casos que aplique, según lo estipula el (Decreto 2424, 2006).

El decreto (Decreto 2424, 2006) define **El Servicio de Alumbrado Público** como “es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

La iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos residenciales, comerciales o mixtos, sometidos al régimen de propiedad respectivo, no hace parte del servicio de alumbrado público y estará a cargo de la copropiedad o propiedad horizontal. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del municipio o distrito.”

El sistema de Alumbrado Público comprende el conjunto de luminarias, redes, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del

servicio de alumbrado público, que no formen parte del sistema de distribución, de acuerdo con lo dispuesto en el (Decreto 943, 2018) (Decreto 943, 2018).

Se entienden como aquellas nuevas tecnologías, desarrollos y avances tecnológicos para el sistema de alumbrado público, como luminarias, nuevas fuentes de alimentación eléctrica, tecnologías de la información y las comunicaciones, que permitan entre otros una operación más eficiente, detección de fallas, medición de consumo energético, georreferenciación, atenuación lumínica, interoperabilidad y ciberseguridad, se entiende como **Desarrollos tecnológicos asociados al servicio de alumbrado público.**

La **Unidad Constructiva de Alumbrado Público – UCAP** es el conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un Sistema de Alumbrado Público.

En Colombia el Ministerio de Minas y Energía es el encargado de expedir los Reglamentos técnicos para el cumplimiento de la prestación del servicio de Alumbrado Público, **RETILAP** es el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público tiene por objeto fundamental establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público; y **RETIE** es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas que establece los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico.

Un elemento importante en el presente trabajo son las luminarias de Alumbrado Público, la **Luminaria** es un 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, donde sea necesario, 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. Para efectos del RETILAP, se consideran también como luminarias aquellas que, por su diseño constructivo, dispongan de fuente luminosa de manera integrada, cualquiera que sea su tecnología. También se considerarán como luminarias aquellos productos integrados por una

fuentes luminosa y/o un conjunto eléctrico, y/o un conjunto óptico que, por la magnitud de su flujo luminoso, no pueda ser clasificado como fuente luminosa integrada.

El tipo de fuente que actualmente es la tecnología utilizada en las luminarias es el **LED** y corresponde a un dispositivo semiconductor de estado sólido o varios (arreglo matricial), específicamente diodo emisor de luz (LED) por sus siglas en inglés, el cual convierte energía eléctrica en radiación lumínica bajo el principio físico de la luminiscencia.

De acuerdo con lo establecido en las secciones 510.1 y 560 del RETILAP **la clase de Iluminación** se clasifican para: i) de vías vehiculares, ii) de vías para tráfico peatonal y ciclistas y iii) de otras áreas del espacio público.

La Actividad de Inversión para el Sistema de Alumbrado Público es la actividad del servicio de Alumbrado Público que comprende la expansión de la infraestructura propia del sistema, la modernización por efectos de la Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de energía; la reposición de activos cuando esta aumenta significativamente la vida útil del activo y la instalación de los equipos de medición de energía eléctrica, con los respectivos accesorios para ello.

La Modernización o repotenciación consiste en el cambio tecnológico de algunos de sus componentes por otros más eficientes. Reducción de los costos de operación, con la incorporación de los avances tecnológicos que permitan hacer uso racional de la energía eléctrica, sustituyendo la totalidad de las luminarias incandescentes, mixtas y de mercurio, luminarias de vapor sodio de alta presión por luminarias tipo LED o de tecnología y eficiencia superior.

El concepto de **Smart Grid (o red inteligente)** como lo define (Flores Arias, 2013) en su texto, se enmarca en la evolución conceptual y tecnológica de la red de distribución eléctrica: una red activa, estable, dotada de inteligencia autónoma y con capacidad de reconfiguración para, según las necesidades locales, mejorar los tiempos y condiciones de restablecimiento del suministro e incrementar la eficiencia energética.

El Alumbrado Público se establece para todos los **Sistemas viales** de uso público, se define como un conjunto de calles y carreras dispuestas en una estructura jerarquizada interconectada entre sí, desde el centro metropolitano en forma anillar y centrípeta hacia las periferias, con la finalidad de permitir la comunicación con las vías regionales y nacionales.

El Operador de Red – OR es la persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional – STR o Sistema de Distribución Local - SDL, incluidas sus conexiones al Sistema de Transmisión Nacional - STN. Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros. Para todos los propósitos son las empresas que tienen Cargos por Uso de los STR o SDL aprobados por la CREG. El OR siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios. La unidad mínima de un SDL para que un OR solicite Cargos de Uso corresponde a un municipio.

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1 Tipo de investigación a desarrollar

El diseño metodológico identificado para el estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral, Antioquia, será a través de una metodología descriptiva con un enfoque cuantitativo. Esta metodología permitirá que, mediante los estudios de mercado, técnico, administrativo, legal y financieros, se pueda detallar los diferentes componentes que determinan la prefactibilidad financiera del proyecto. El enfoque cuantitativo permite que se pueda establecer la conveniencia de la implementación del proyecto.

6.2 Diseño de la Investigación

El diseño descriptivo permitirá recoger y cuantificar la información de los diferentes estudios a partir de la guía del proyecto diseñada por la Institución. Cada uno de los estudios entrega información valiosa para la determinan la prefactibilidad de la alternativa de inversión, que en este caso es el cambio del alumbrado público municipal.

6.3 Método y Pasos de la Investigación

El estudio comprende la revisión de fuentes secundarias en el contexto del alumbrado público municipal en el orden nacional, considerando las normas técnicas establecidas, las responsabilidades de los entes descentralizados.

A partir de la información obtenida en fuentes secundarias, se realizará un estudio de mercado para la cuantificación de la necesidad, la oferta actual y futura del servicio en el municipio. Así mismo, se definirán los procesos que determinen los costos directos y de inversión dentro del análisis de la prefactibilidad técnica de la prestación servicio de alumbrado público en términos de tamaño, ubicación de las luminarias, la infraestructura y los equipos requeridos para la prestación del servicio.

Durante este estudio de prefactibilidad se llevará a cabo un estudio administrativo y legal que establece los elementos administrativos que permite la gestión del proyecto y la administración del servicio. La normatividad vigente, es un elemento rector para establecer las competencias municipales y las normas técnicas del RETILAP.

Los presupuestos y las proyecciones financieras son un elemento importante para la estimación de los flujos de caja derivados del proyecto. Una vez estimado los flujos de caja neto, se podrá tomar estos resultados para establecer la bondad del proyecto, considerando los criterios de rentabilidad y generación de riqueza.

7. ENTREGA, DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PROYECTO

El trabajo se entregará de manera digital al equipo de docentes, jueces y directivos indicados, con el propósito de aportar material disponible para la investigación sobre las temáticas relacionadas con alumbrado público y luminarias.

8. USUARIOS POTENCIALES Y SECTORES BENEFICIADOS

La información suministrada sobre este estudio de pre factibilidad será de gran interés para los autores de este proyecto, dado su trayectoria en proyectos del sector eléctricos como ingenieros con capacidad para a la asesoría y consultoría especializada.

Se beneficiarán y serán usuarios potenciales del proyecto, toda la población y visitantes del municipio de Abejorral, los cuales hacen uso de las vías públicas del Municipio tanto en la zona urbana como rural.

9. FORMULACIÓN DEL PROYECTO

9.1 Análisis sectorial

El alumbrado público tiene como objetivo principal proporcionar exclusivamente la iluminación apropiada sobre las vías y espacios de libre circulación públicas, lo cual permite transitar en horas de la noche o en zonas oscuras con niveles aceptables de iluminación, confort visual y mayor seguridad para peatones, ciclistas y conductores.

En Colombia de acuerdo con el (Decreto 2424, 2006) del Ministerio de Minas y Energía, los municipios o distritos son los responsables de la prestación del servicio de Alumbrado Público dentro del perímetro urbano y rural, garantizando el suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.

Con este proyecto se busca analizar la viabilidad técnica y financiera, sumado a los beneficios e impactos que traerá el cambio de tecnología para el Municipio de Abejorral, Antioquia; pasando de luminarias con una tecnología obsoleta, ineficiente y poco amigables con el medio ambiente; a un sistema de alumbrado público con luminarias Led que cuentan con beneficios como mayor eficiencia, mejores características técnicas como índice de reproducción de color IRC, índice de protección IP e índice del impacto IK, reducir las emisiones de CO₂, menores costos de mantenimiento, mayor vida útil y menor consumo de energía hasta el 60% comparada con las luminarias de sodio HID lo que representa aumentos en el ahorro de energía.

La tendencia mundial para este tipo de sistemas es realizar el cambio de tecnología a luminarias LED por los múltiples beneficios e impactos que tiene asociada la tecnología.

El proyecto de modernización del sistema de alumbrado público en el Municipio de Abejorral, Antioquia; pretende mejorar y mantener en óptimas condiciones la red urbana y rural del sistema mediante la sustitución de las luminarias existentes, mejoramiento de la infraestructura y modernización a luminarias LED.

La expedición de la Ley 697 de 2001 por el Gobierno Colombiano, la cual promueve el uso racional y eficiente de la energía, por lo tanto, los Municipios como entes responsables del alumbrado público están llamados a contribuir y establecer planes anuales de intervención del alumbrado público con objetivos tendientes al ahorro de energía y en este campo se logra a través del cambio de tecnología a luminarias LED, generando mayor eficiencia energética y ahorros en el consumo de energía.

Por lo tanto, son muchas las ventajas que ofrece la iluminación led en los sistemas de alumbrado público, es importante analizar la viabilidad técnica y económica de realizar este cambio de tecnología, a luminarias LED y es a lo que la administración municipal debe apuntar y enfocar dentro de las líneas y recursos del plan de desarrollo del Municipio, para lograr la modernización y expansión del Sistema de Alumbrado Público tanto en la zona urbana como rural del Municipio.

De esta manera, el Municipio de Abejorral podrá hacer un uso más eficiente de los recursos recaudados, para realizar intervenciones en la modernización, mantenimiento y expansión del sistema, brindando beneficios además de económicos y sostenibles, de seguridad a la población.

9.2 Análisis de mercados.

9.2.1 Descripción del producto o servicio

El Servicio consiste en realizar el recambio de las luminarias existentes del alumbrado público del Municipio de Abejorral a luminarias en tecnología Led para el correcto funcionamiento del servicio del alumbrado público.

Además, el proyecto permitirá materializar el cambio de tecnología con un modelo financiero para un sistema de alumbrado público con luminarias LED con el objetivo de poner en marcha la modernización del sistema de alumbrado público y garantizar la prestación del servicio bajo los criterios de eficiencia energética, confiabilidad en el sistema y sostenibilidad.

9.2.2 Demanda

La demanda está orientada hacia la estimación cuantificación de la necesidad, mediante las variables que impactan el sistema de alumbrado público del Municipio.

Actualmente el municipio de Abejorral cuenta con 694 puntos luminosos instalados, 96,5 % en la zona urbana y en la vereda Pantanillo de la zona rural el 3.5% restante, todas en sodio de alta presión.

El municipio cuenta con cinco parques de uso público, entre ellos el parque principal, los cuales presentan deficiencia en alumbrado público ya que los niveles de iluminación son muy bajos con respecto a lo que exige la norma y al espacio a iluminar, adicional son con fuentes en sodio y algunos no cuentan con este servicio para este tipo de espacios.

En la tabla 2 y 3, se muestra el inventario de luminarias instaladas actualmente en el municipio en la zona urbana y rural respectivamente.

Tabla 2

Luminarias instaladas actualmente zona urbana

Descripción	Potencia (W)	Cantidad (und)
Luminaria de sodio	70	639
Luminaria de sodio	150	30
Total		669

Tabla 3

Luminarias instaladas actualmente zona rural

Descripción	Potencia (W)	Cantidad (und)
Luminaria de sodio	70	25

No obstante, se deberá realizar un levantamiento de la información actualizado al momento de implementar el proyecto de modernización del sistema, adicional es importante destacar que

hay una gran cantidad de luminarias que han o están próximas a cumplir la vida de útil de operación y por lo tanto es necesario sustituirlas.

Después de mencionar, todas las ventajas que traen las luminarias LED, en una observación con anterioridad, no es recomendable para el municipio en ningún escenario la instalación de luminarias de descarga en el sistema de alumbrado público. Por ello, es fundamental la apropiación del proyecto para liderar el cambio en el nuevo modelo de un sistema de alumbrado público con luminarias LED que garanticen el desarrollo y prestación del servicio bajo los criterios de eficiencia energética, confiabilidad en el sistema y sostenibilidad.

La administración, operación y mantenimiento se encuentra a cargo del municipio, y el recaudo del impuesto de alumbrado público está a cargo del operador de red.

De acuerdo con la infraestructura actual del sistema de alumbrado público, el municipio no ha realizado recambios o modernizaciones del sistema, por lo tanto, la infraestructura actual de la unidad constructiva de alumbrado público es obsoleta, refiriendo a luminarias en sodio fotocelda, brazo metálico, apoyos o postes en mal estado y la conexión del cable a la red de suministro de energía no cumple con las normas actuales, lo que puede generar cortos y ausencia del servicio; es una infraestructura que ya cumplió su vida útil y no se han realizado intervenciones que permitan mejorar el servicio, generar ahorro en el consumo de energía, cumplir con los tiempos de respuesta del servicio de forma eficaz y oportuna y garantizar el cumplimiento de los niveles mínimos que exige el reglamento técnico RETILAP para las diferentes tipos de vías y espacios públicos en la zona urbana del Municipio.

La zona de influencia del proyecto es el municipio de Abejorral, inicialmente el proyecto se busca implementar en la zona urbana y posteriormente realizar la expansión del sistema de alumbrado público a la zona rural del Municipio que cuenta con 69 veredas y 182 km de vías terciarias.

La cobertura del servicio de alumbrado público es del 80% en la zona urbana, sin embargo la mayoría de vía no cumplen con los niveles de iluminación y uniformidad mínimos requeridos por la norma y en la zona rural tan solo del 1% cuenta con el servicio; es por esto la importancia de

evaluar técnica y económicamente el proyecto de modernización de alumbrado público para el municipio con el fin de obtener un sistema eficiente cumpliendo con los parámetros de iluminación que exige la norma y aumentando la cobertura del servicio al 100% en la zona urbana. Para la zona rural se proyecta una intervención escalonada que permita realizar la expansión y prestación del servicio en las principales vías veredales.

9.2.3 Oferta

El Municipio de Abejorral es el responsable del alumbrado público y deberá garantizar la prestación del servicio, así como lo niveles adecuados de cobertura para las vías y diferentes espacios de libre circulación públicos; puede prestar el servicio de forma directa o indirectamente a través de operadores u otros prestadores del servicio de alumbrado público; de acuerdo con la Ley 97 de 1913, Decreto 2424 de 2006 y 943 de 2018. Por lo tanto, los municipios o distritos deberán garantizar la continuidad y calidad de la prestación del servicio.

La prestación del servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía eléctrica al sistema de alumbrado público, administración, operación y mantenimiento – AOM, la modernización, expansión y reposición del sistema de alumbrado público; así como la incorporación de desarrollos tecnológicos.

El prestador del servicio de alumbrado público ya sea el Municipio o un tercero le corresponde realizar la planificación de las siguientes actividades, para cumplir con la atención integral del sistema de alumbrado en las diferentes vías y espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal dentro del perímetro urbano y rural del municipio:

Suministro de energía para alumbrado público

AOM

Modernización

Expansión

Reposición

Desarrollos Tecnológicos

El Decreto 1073 de 2015 y 943 de 2018 establecen que el servicio de alumbrado público comprende, entre otros, la modernización y el artículo 29 de la Ley 1150 de 2007 establece como elemento obligatorio que deben cumplir los contratos estatales de alumbrado público, la modernización del sistema además de incorporar el modelo financiero y contener el plazo correspondiente en armonía con ese modelo financiero.

El Municipio o prestador del servicio para realizar la modernización del sistema de alumbrado público deberán tener en cuenta aspectos o variables identificadas por tanto en la zona urbana como rural:

Inventario de puntos luminosos existentes

Cobertura del sistema de alumbrado

Potencia instalada a retirar

Clasificación del tipo de vías

Realizar un diseño y validación con un software especializado en iluminación para identificar el tipo de luminaria, potencia e interdistancia de las luminarias a instalar

Identificar la altura de montaje de las luminarias

Tipo de apoyo o poste a utilizar: concreto, fibra de vidrio, metálico o madera

En algunos casos, también es necesario realizar la instalación de las luminarias en fachada por el tipo de arquitectura del lugar o por la interdistancia entre un poste y otro.

Tipo de brazo a instalar

Por consiguiente, la modernización del sistema de alumbrado público del municipio consiste en realizar el recambio tecnológico de las luminarias de sodio por luminarias en tecnología Led, la realiza el Municipio y estas serán articuladas con el plan de ordenamiento territorial, planes de expansión de la malla vial, otros servicios públicos, planes de desarrollo del municipio cumpliendo con la el reglamento técnico RETIE y RETILAP, así como todas las disposiciones técnicas del municipio, operador de red y las que expida el Ministerio de Minas y Energía.

Precio

El Municipio, mediante aprobación del concejo municipal fija el impuesto de alumbrado público a través de un acuerdo por medio del cual se establecen las normas relativas al cobro del impuesto del servicio de alumbrado público.

El impuesto de alumbrado público como actividad inherente al servicio de energía eléctrica y es destinado exclusivamente al sistema de iluminación municipal, para la prestación, mejoramiento, modernización y cobertura de la prestación del servicio de alumbrado público, incluyendo el suministro de energía, administración, operación, mantenimiento, expansión, interventoría y desarrollos tecnológicos.

El impuesto de alumbrado público lo autoriza las Leyes 97 de 1913, 84 de 1915 ratificado mediante sentencia C-272 del 25 de mayo de 2016 y regulado en la Ley 1819 de 2016 a los concejos municipales.

Los costos y gastos de las actividades asociadas a la prestación del servicio de alumbrado público serán recuperados por el municipio a través del impuesto, para la financiación del servicio. En casos que se presente, cuando queden cubiertas las actividades principales y del plan anual de alumbrado público y quede recursos del rubro, podrán disponer a través de aprobación del alcalde los recursos para destinar a actividades como iluminación navideña, escenarios deportivos, senderos y ornamental en parques.

Para la determinación del valor del impuesto de alumbrado público a recaudar, el municipio deberá realizar un estudio donde determine los costos de la prestación del servicio de alumbrado público, de conformidad con la metodología para determinar los costos totales máximos eficientes de la prestación del servicio, así como el uso de activos asociados al sistema de alumbrado público determinado por (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011).

El municipio utilizará una metodología para determinar la tarifa a cobrar de alumbrado público, teniendo en cuenta la capacidad de pago de los usuarios de cada segmento del mercado y la política pública en materia de promoción de determinadas actividades económicas. Se puede, considerar en dos tipos:

Tabla 4

Clasificaciones contribuyentes impuesto de alumbrado público por servicio de energía facturado

Tipo Contribuyente	Característica
Usuarios residenciales	Estrato 1, 2, 3 y 4
Usuario Comercial	Comercio en general
Usuario Industrial	Fábricas, plantas de producción, floristerías, grandes cultivos y agropecuarias
Usuario Oficial	Entidades oficiales
Usuarios Especiales	Actividades financieras como bancos, cooperativas. Transmisores de señal de radio o televisión

Los contribuyentes tendrán una tarifa porcentual diferencial sobre el consumo de energía que atiende los principios de equidad, progresividad y justicia tributaria, será liquididad para cada periodo de consumo o facturación del servicio de energía eléctrica.

El concejo municipal también puede establecer el mecanismo para el cobro del impuesto por el tipo de bien inmueble a toda persona natural, jurídica incluidas las de derecho público, sociedad de hecho, comunidad organizada, sucesiones ilíquidas, consorcios, unión temporal, patrimonios autónomos; que se beneficie en forma directa o indirecta de la prestación del servicio de alumbrado público por ser titular, ocupar o hacer uso a cualquier título de un bien inmueble en el Municipio, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Clasificaciones contribuyentes impuesto de alumbrado público por tipo de bien inmueble

	Característica
Clasificación de bien inmueble	Habitacional o vivienda
	Comercio en general
	Industrial
	Recreacional
	Institucional
	Agropecuario
	Lotes

La tarifa del impuesto de alumbrado público será según el avalúo catastral sobre los predios formados urbanos y rurales de conformidad con la destinación económica.

Finalmente es el concejo municipal mediante las facultades de ley quien define el mecanismo y fija la tarifa de cobro para el servicio de alumbrado público.

9.2.4 Plaza

9.2.4.1 Descripción de los canales de distribución

El recaudo del impuesto de alumbrado público lo hará el municipio o los comercializadores de energía; y podrá realizarlo mediante las facturas de servicio público, predial o liquidaciones oficiales directamente con el área encargada del municipio para tal fin.

El período del impuesto de alumbrado público es mensual si es por medio de la factura de energía o anual si por medio del impuesto predial y el Concejo Municipal podrá determinar otra forma de pago como por siniestralidades o trimestres.

9.2.5 Promoción y publicidad

La normatividad vigente establece que la responsabilidad por la prestación del servicio de alumbrado público está en cabeza de los municipios o distritos, quienes podrán prestar dicho servicio en forma directa o a través de empresas de servicios públicos domiciliarios u otros prestadores del servicio de alumbrado público que demuestren idoneidad en la prestación de este, de acuerdo con lo establecido en (Decreto 2424, 2006).

Las actividades del Servicio de Alumbrado Público: Comprenden el suministro de energía eléctrica al Sistema de Alumbrado Público, la administración, operación y el mantenimiento - AOM, y la inversión del Sistema de Alumbrado Público.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG expidió la Resolución 123 de 2011 (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011), **en** donde establece

la metodología para la determinación de los costos máximos que deberán aplicar los municipios o distritos, para remunerar a los prestadores del servicio, así como el uso de los activos vinculados al sistema de alumbrado público, la cual establece las siguientes actividades a evaluar para la prestación del servicio de alumbrado público:

Suministro de Energía eléctrica para el sistema de alumbrado público: es el suministro de energía eléctrica destinado a la prestación del servicio de alumbrado público que el municipio o distrito contrata con una empresa comercializadora de energía ante el Mercado de Energía Mayorista, cuyo régimen se somete a las leyes 142 y 143 de 1994 y a la vigilancia y control de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

La actividad de **inversión del servicio de alumbrado público** comprende la expansión de la infraestructura propia del sistema, la modernización por efectos de la Ley 697 de 2001 para el uso eficiente y racional de energía, la reposición de elementos del sistema y los nuevos desarrollos tecnológicos y la instalación de los equipos de medición de energía eléctrica.

Los costos de administración, operación y mantenimiento (AOM), que demanda el sistema de alumbrado público para su normal funcionamiento y atención de las Peticiones, Quejas y Reclamos – PQR.

El Decreto 1073 de 2015 y el Decreto 943 de 2018 establecen que el servicio de alumbrado público comprende, entre otros, la modernización y el artículo 29 de la Ley 1150 de 2007 establece como elemento obligatorio que deben cumplir los contratos estatales de alumbrado público, la modernización del sistema además de incorporar el modelo financiero y contener el plazo correspondiente en armonía con ese modelo financiero.

La Resolución 123 de 2011 de (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011) define la Modernización o repotenciación del Sistema de Alumbrado Público SALP como el cambio tecnológico de algunos de sus componentes por otros más eficientes.

Esta modernización permite la incorporación nuevas tecnologías para el sistema como son las luminarias LED, con el fin de mantener durante la ejecución del proyecto mejores condiciones técnicas que las que se tenían en el sistema de alumbrado público existente en el municipio, que aseguran la continua y adecuada prestación del servicio bajo altos estándares de desarrollo, eficiencia energética y bajo el ideal de progreso que lleva a la necesidad de variar los contratos de concesión con miras a obtener la mayor satisfacción posible de las necesidades de la colectividad, haciendo especial énfasis en los cambios o adelantos tecnológicos que fomenta el uso racional y eficiente de energía.

De conformidad con el Documento CREG 102 de 2011 “Los sistemas de alumbrado público son sistemas dinámicos, es decir que están en permanente estado de modernización, repotenciación y expansión. Esta característica hace que a lo largo de un contrato de prestación de la actividad de inversión se instalen nuevos activos”.

El Costo de reposición a nuevo de un activo se obtiene de los procesos de compra efectuados por el municipio o por el prestador de la actividad de inversión. Los costos de las Unidades Constructivas del Sistema de Alumbrado Público podrán actualizarse conforme a la variación de los precios de mercado de las UCAP.

Para la modernización del Sistema de Alumbrado Público deben tenerse en cuenta los conceptos de uso racional y eficiente de energía establecidos en la sección 210.3.3 y literal g) de la sección 501 del RETILAP y aquellos contenidos en la Ley 697 de 2001.

Finalmente, la determinación de los usuarios que cancelarán el impuesto de alumbrado público y el valor de las tarifas del impuesto, entre otros elementos, se determina mediante un acuerdo municipal por parte de los respectivos concejos municipales.

9.3 Análisis Técnico

9.3.1 Localización

La localización del proyecto es en el Municipio de Abejorral Antioquia.

9.3.1.1 Factores de localización. Identifique los factores a tener en cuenta para realizar el estudio de localización.

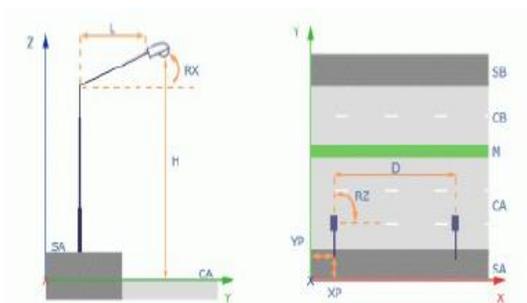
Con el propósito de cumplir el marco regulatorio y las políticas municipales relacionadas con la prestación del servicio de alumbrado público, para la modernización del sistema de alumbrado público se deberán considerar los siguientes criterios técnicos, teniendo en cuenta que el servicio de alumbrado público se presta para espacios de libre circulación peatonal y vehicular y se deberá garantizar las condiciones de este.

Para realizar la modernización se debe considerar la siguiente información y parámetros técnicos que se deben cumplir para el proyecto:

- Cumplir con la normatividad vigente
- Cumplir los requerimientos del RETILAP
- Cumplir los requerimientos del RETIE
- Código Eléctrico Nacional – Norma NTC 2050 y normas técnicas que le apliquen.
- Cumplir con las disposiciones generales del municipio
- Estudios Fotométricos de los perfiles de vía vehiculares y peatonales con la luminaria propuesta que cumpla con los parámetros propuestos por el municipio.

Figura 2

Esquema de diseño para perfil de vía y luminaria led



- Especificaciones de instalación de los equipos del sistema de alumbrado público:
 - Altura de montaje de la luminaria
 - Interdistancia entre luminarias
 - Ancho de calzada vehículos
 - Ancho calzada peatonal
 - Ubicación de postes
 - Inclinación y avance de los equipos
 - Referencia de la luminaria
 - Especificaciones del conjunto de Led
 - Tipo de instalación o fijación si es en fachada o en poste con brazo metálico según el tipo de arquitectura del proyecto y sistema vial.
- Estudio financiero
- Documentación técnica de las luminarias, incluyendo matriz de intensidades (fotometrías) en formato IES, catálogos y fichas técnicas.
- Certificado de producto de las luminarias en RETILAP y de los demás elementos a instalar para el correcto funcionamiento de la luminaria.
 - Certificado de garantía de las luminarias

Adicionalmente, para los estudios y diseños del alumbrado público (ubicación de luminarias) se deberán tener en cuenta la clasificación de las vías según RETILAP.

En la Tabla 510.1.1 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, se clasifican las vías para establecer el tipo de iluminación requerida, conforme a velocidades y flujos vehiculares por las mismas, siendo la opción más crítica (velocidad de circulación o tránsito de vehículos) la usada para la clasificación.

Figura 3

Clase de iluminación para vías vehiculares.

Clase de iluminación	Descripción Vía	Velocidad de Circulación (km/h)		Tránsito de Vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra Alta	V > 80	Muy Importante	T > 1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60 < V < 80	Importante	500 < T < 1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30 < V < 60	Media	250 < T < 500
M4	Vías primarias y colectoras	Reducida	V < 30	Reducida	100 < T < 250
M5	Vías secundarias	Muy Reducida	Al Paso	Muy Reducida	T < 100

Figura 4

Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores	
	En andenes adyacentes							
CLASE DE ILUMINACIÓN	Lprom	Uo	UI	TI	Eprom	Uo	Eprom	Uo
	Cd/m ²	≥%	≥%	≤%	luxes	≥%	luxes	≥%
M1	2	40	50	10	20	40	13	33
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33
M4	0,8	40	N.R	15	10	40	6	33
M5	0,6	40	N.R	15	7,5	40	5	33

Figura 5

Valores mínimos mantenidos de iluminancias promedio (lx) en vías motorizadas

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 Y R3	R4	E _{min} /E _{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

A continuación, se mencionan algunos de los parámetros o características técnicas requeridas para las luminarias LED, estos varían de acuerdo con los requerimientos y disposiciones de la entidad municipal:

- Índice de Protección IP del conjunto eléctrico
- Índice de Protección IP del conjunto óptico
- Índice de protección IK del conjunto óptico
- Índice de protección IK de la carcasa de la luminaria
- Temperatura del color
- Factor de potencia
- Flujo luminoso mínimo
- Eficacia
- Sistema de control con regulación (Drivers)
- Voltaje
- Base Fotocontrol
- Índice Reproducción Color (IRC)
- Vida útil de los Led
- Vida útil de los demás componentes de la luminaria
- Dispositivo de Protección contra Sobre Tensiones (DPS) Independiente al Driver - Externo
- Temperatura ambiental máxima y mínima
- Material de la carcasa de la luminaria

También, es importante para el cumplimiento del proyecto, las siguientes consideraciones basadas en todo lo que se ha descrito de la normatividad vigente y cumplimiento de esta para la prestación del servicio de alumbrado público:

Niveles de iluminación, uniformidad y deslumbramiento

- Inciden en las condiciones de percepción y comodidad visual, en función de la cantidad y la calidad de luz sobre las áreas a iluminar.
- Determina el nivel de seguridad para el desplazamiento de los ciudadanos que transitan por las vías.

Confiabilidad en la prestación del Servicio, es la correcta operación del sistema de alumbrado público.

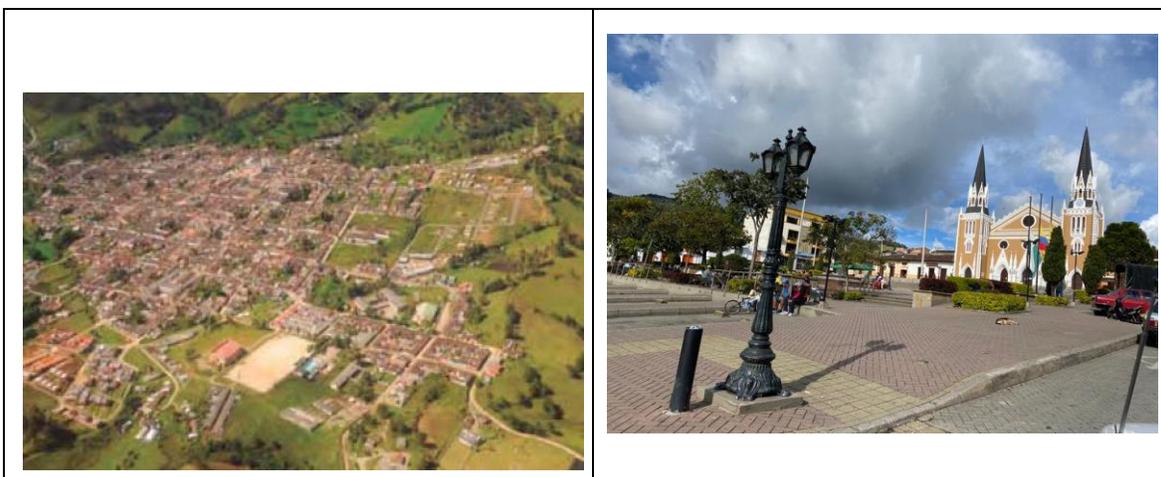
Eficiencia energética, que permita mejorar y hacer uso eficiente y racional de energía aplicado al sistema de alumbrado público.

9.3.1.2 Macro localización.

Zona Urbana del Municipio de Abejorral, Antioquia.

Figura 6

Macro localización del proyecto. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral





Fuente: Elaboración Propia

9.3.1.3 *Micro localización*

La localización se realiza de acuerdo con los criterios técnicos de los estudios y diseños de iluminación para el recambio de las luminarias existentes por LED del sistema de alumbrado público.

9.3.2 *Tamaño*

9.3.2.1 *Tamaño óptimo*

El tamaño óptimo del proyecto está definido por los factores de localización de las luminarias y las inversiones a realizar en el proyecto para llevar a cabo la modernización del sistema de alumbrado público.

- **Tamaño y localización**

El Tamayo del proyecto está relacionado por el número de luminarias LED a reemplazar y su ubicación, tal como se indicó en el numeral 9.2.2 y también, de acuerdo con los estudios de diseño y validaciones en el software de iluminación de los tipos de vía a intervenir.

- **Tamaño e inversiones**

El Tamayo del proyecto está relacionado con la inversión requerida para el suministro de luminarias Led y los elementos asociados a la unidad constructiva de alumbrado público para el correcto funcionamiento del sistema.

9.3.3 Ingeniería del proyecto

9.3.3.1 Descripción técnica del producto o servicio

Es evidente que con las nuevas tecnologías y de cara al futuro de los sistemas eficientes de energía, las luminarias en tecnología Led están cambiando los sistemas de alumbrado público, representando una oportunidad para las administraciones municipales de contar con sistemas de alumbrado público modernos , reducir el consumo de energía, costos de operación y mantenimiento, contribuir al uso racional y eficiente de energía, reducción de residuos especiales (RAAE) y contribuir con el medio ambiente porque se reducen las emisiones de CO2.

Los Diodos emisores de luz (LED) utilizan tecnología en estado sólido para transformar la electricidad en luz. Los LED son lámparas que poseen un tamaño pequeño y se encuentran dentro de un circuito electrónico.

A diferencia de las bombillas que se utilizaban anteriormente, estos elementos no poseen ninguna clase de filamento que pueda quemarse, por lo que no tienden a calentarse más.

En un principio las luces LED solamente producían una luz de color rojo, verde o amarillo, no obstante, y en la actualidad, las luces LED blancas se encuentran disponibles de una forma bastante extensa.

Por otra parte, los primeros LED tenían un consumo de energía muy alto y a su vez iluminaban muy poco, sin embargo y gracias a los avances que ha dado la tecnología desde sus comienzos hasta la actualidad, la eficacia de estas fuentes se ha duplicado rápidamente al igual que su producción de luz.

Poco a poco la tendencia mundial, es a pasar a sistemas de alumbrado público con la tecnología de LED esto con el fin de mejorar la iluminación que necesita el alumbrado público de las distintas avenidas, calles y perímetros de los municipios y ciudades, además del ahorro de energía, confiabilidad del sistema ya que representa menores costos de operación y mantenimiento, lo que se refleja en la disponibilidad de mayores recursos para realizar expansiones del sistema a puntos que no cuentan con iluminación de las vías públicas e inversiones en nuevos proyectos para el sistema de alumbrado.

Las luminarias en tecnología LED, están compuestas por un conjunto óptico y un conjunto eléctrico, normalmente la luminaria LED se conforma de carcasa, driver, matriz o regleta de LEDs y lente. En el mercado se encuentra gran variedad de referencias y diseños de luminarias LED, que cada vez más se superan en las características técnicas como eficiencia, temperatura de color, grado de protección del conjunto óptico y eléctrico índice de reproducción de color, vida útil, calidad de los componentes y garantía en general de los elementos y luminaria. En la Figura 7, se muestran algunas luminarias Led.

Figura 7

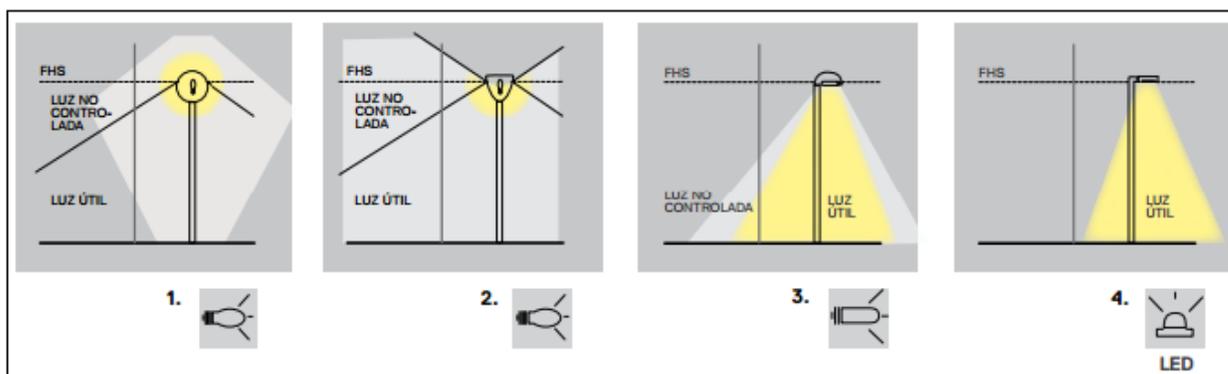
Luminarias LED de referencia. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral



En las luminarias con luz LED es totalmente direccional, por lo que no existen pérdidas lumínicas por reflexión a diferencia de las luminarias de sodio HID, ya que cada LED está dispuesto de tal manera que toda la luz se dirija hacia el plano que se desea iluminar como se muestra en la Figura 8, además de estar recubierto por un lente especial, el cual define la fotometría de la luminaria.

Figura 8

Esquema utilización de la luz en luminaria LED vs convencional

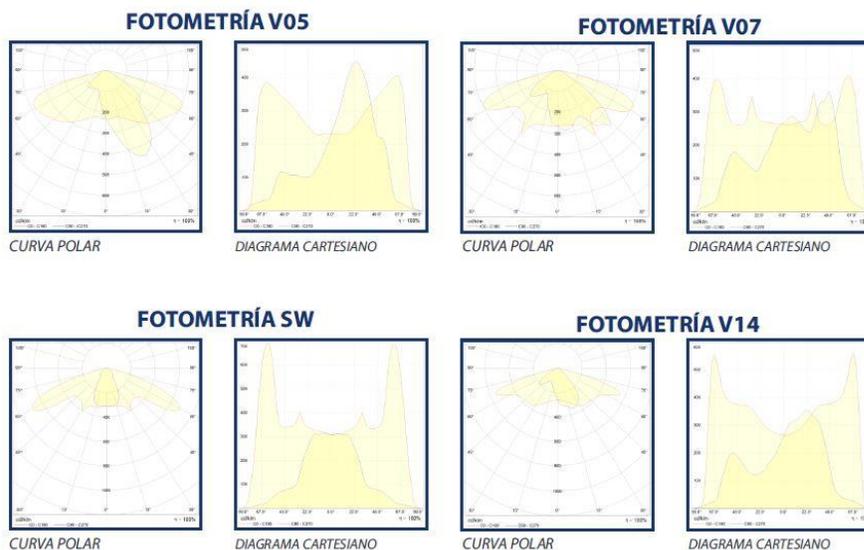


La Fotometría o las curvas fotométricas de una luminaria son la representación gráfica del comportamiento de la luz. Muestran diferentes características relacionadas con la naturaleza de la fuente, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias. Contar con las curvas y sus correspondientes archivos fotométricos es una herramienta importante para la selección de la luminaria o la fuente ideal para cada proyecto de iluminación. Es importante disponer de archivos fotométricos fiables y acordes a las curvas polares presentadas por los fabricantes en sus

catálogos de luminarias para contar con los cálculos correctos. En la figura 9, se observa la representación de algunas curvas fotométricos de diferentes características de luminarias LED.

Figura 9

Referencia Fotometría luminaria LED



La tecnología Led de las luminarias, presenta múltiples ventajas con respecto a la iluminación convencional para los sistemas de alumbrado público:

- Ahorro en el consumo de energía del sistema por ser una tecnología limpia y más eficiente.
- El LED tiene el encendido más rápido comparado con fuentes de luz convencionales
- Mejora la calidad de iluminación a través de un mejor control de la distribución de luz, y a través del uso de luz blanca
- Mayor vida útil
- Es ecológica porque no contiene mercurio ni otros elementos perjudiciales para el medio ambiente
- Variedad de formas y referencias de luminarias que permiten instalar a diferente tipo de necesidades viales y peatonales.

Las luminarias Led normalmente deben de cumplir con unas características mínimas exigidas para garantizar

9.3.3.2 Identificación y selección del proceso de producción.

Para llevar a cabo el proceso de Modernización de alumbrado público del municipio de Abejorral, de forma óptima y cumpliendo con la normatividad vigente y considerando los siguientes aspectos aspecto en los estudios técnicos, diseño y cálculos de iluminación:

- La disposición de las redes de distribución en cuanto a la localización de postes, redes de energía, telecomunicaciones y alumbrado
- Geográfica, secciones y anchos de calzada, si cuentan o no con andenes, zonas verdes y ciclorutas, bahías de desaceleración o paraderos de bus.
- Arquitectura del municipio, en este caso el municipio de Abejorral cuenta con algunas zonas patrimonio cultural y arquitectónico, por lo tanto, es importante tener en cuenta este aspecto en los estudios y cálculos de iluminación.

Con el estudio técnico, se escoge el tipo de luminaria con las características técnicas para el proyecto específico, la altura de montaje, longitud y tipo de brazo en el que se instalará la luminaria, disposición y tipo de poste, interdistancia entre postes. La ubicación e información de cada punto luminoso a retirar y a instalar con toda esta información deberá estar contenida en un plano con las vías del municipio.

El estudio de modernización comprende los siguientes aspectos técnicos como parte esencial del sistema de alumbrado público:

- caracterización de las vías del municipio
- Selección de las vías tipo para realizar los estudios fotométricos
- Cálculos fotométricos para evidenciar que con el recambio de luminarias se cumple con los requerimientos de la normatividad vigente.

Sobre estos perfiles tipo de vía, se abordan de tal forma puedan replicarse en distintas zonas del municipio. En algunos casos o zonas específicas dentro del municipio se encontrarán distintas interdistancias y/o alturas de montaje de las luminarias, diferentes a las usadas en los cálculos de

los perfiles tipo, debido a que el municipio cuenta con sectores patrimonio arquitectónico y cultural, y además en Colombia, la mayoría de las luminarias se instalan en la misma infraestructura existente de los postes para las redes primarias y secundarias de energía eléctrica.

En general se tuvo en cuenta para la simulación de los cálculos fotométricos la altura de montaje de las luminarias, aspecto fundamental para obtener óptimos resultados en la luminancia promedio, factor de uniformidad, índice de deslumbramiento y relación de alrededores tanto en vías vehiculares como en andenes adyacentes se optó por escoger la altura de montaje de tal manera que fuera la menor para cada vía tipo de acuerdo con las alturas existentes en el alumbrado público en el municipio.

Para el caso de la vía tipo que hace uso de luminarias de 70W de tecnología basada en sodio de alta presión, se tomó como altura promedio de montaje de la luminaria de cinco (5) metros, ya que en las luminarias existentes instaladas la luminaria de 70W que se encuentra a menor altura, está a cinco (5) metros de altura.

Lo anterior se hizo bajo la premisa de que, si se cumple con los valores que exige la norma para el caso menos favorable, entonces se cumplirá en un caso más favorable; es decir, a una altura mayor; teniendo en cuenta que la uniformidad a una mayor altura mejora considerablemente los resultados.

Es importante mencionar que no existe un equivalente establecido entre potencias de tecnologías anteriores (sodio, Metal-Halide) y tecnología LED. En este caso se consideró que para una potencia existente de 70W de sodio se podrá reemplazar con 40W LED cumpliendo con la norma, pero en otros la potencia deberá ser superior o incluso inferior. Para establecer los reemplazos de las luminarias, se deben realizar estudios técnicos y cálculos fotométricos según el tipo de vía y aplicación, donde se evidencie que, al reemplazar la luminaria, se está cumpliendo con la norma.

El software utilizado para realizar los cálculos es DIALux, recibe como parámetro de entrada la matriz de intensidades asociada a la luminaria sobre la cual se está diseñando. Se debe especificar el plano que se desea iluminar o sobre el cual se va a realizar el cálculo,

posteriormente, se ubican las luminarias en el plano, se debe ingresar la altura de montaje, ángulo de dirección e inclinación, inclinación del brazo, factor de mantenimiento, retroceso de la luminaria (desde el borde de la vía hasta el poste), avance de la luminaria sobre la vía, longitud del brazo, y material de la vía.

El software realiza el cálculo de luminancia o iluminancia dependiendo de los requerimientos y disposiciones del proyecto.

A continuación, se muestra una imagen de los parámetros seleccionados en el software de iluminación DIALux, matriz fotométrica utilizada y resultados obtenidos.

Información luminaria Led /Matriz fotométrica

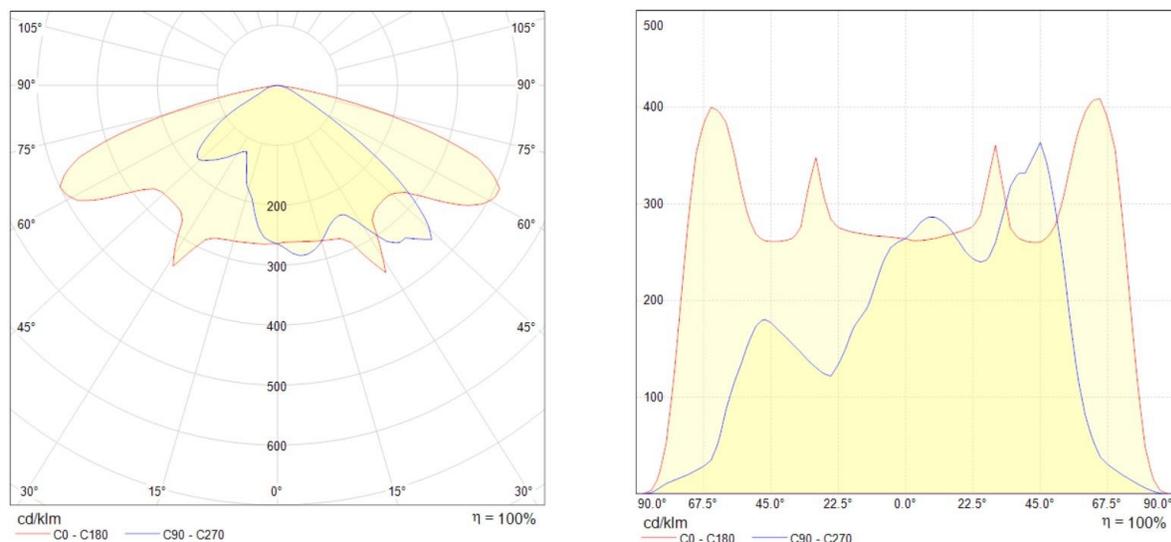
En la iluminación de vías públicas, la fotometría de la luminaria debe de tener un comportamiento del haz de luz que sea muy amplio hacia los lados de luminarias, de tal manera que se pueda lograr una interdistancia entre postes más elevadas.

Se seleccionó la luminaria referencia es LED, flujo luminoso 5765 (lm), potencia de 40W, grado de hermeticidad IP 66, temperatura de color 4000°K, índice de reproducción del color (CRI) 70, grado de protección del conjunto óptico y carcasa; y vida útil de 100.000 horas.

En el mercado hay diversas opciones de fabricantes de luminarias que tienen luminarias LED de diferentes dimensiones y diseños para unos rangos de flujo luminosos similares, con las características técnicas necesarias para el correcto funcionamiento del alumbrado público, como se mencionó en el capítulo de Producto.

Figura 10

Curva fotométrica luminaria LED de referencia. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral



Como se observa en la Figura 10, esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima de 400 cd/1.000 lúmenes aproximadamente, la cual se encuentra en el plano 60°. Por lo tanto, se puede deducir que esta fotometría tiene asociado un reparto de luz principalmente hacia los lados, mientras que hacia el frente (plano 90°), el ángulo de apertura es limitado.

Datos de entrada/Planificación/Resultados

Para realizar el perfil de vía tipo que se muestra en la Figura 10 que corresponde a donde están instaladas las luminarias de 70W, se tomó como referencia la vía principal de ingreso al parque principal del municipio.

Las luminarias se encuentran instaladas en su mayoría en las fachas de las casas a una altura entre 5 y 6 metros, cuando están instaladas en los postes de redes de energía están a una altura de 8 metros y se encuentran en una disposición conocida en Colombia como “tres bolillos”, con una interdistancia de 20 metros en promedio. La vía tiene un ancho de 6 metros con andén de 0,8 metros a lado y lado en promedio, ya que la sección vial varía debido a la topología de las vías del municipio.

Para los cálculos fotométricos se utilizó un factor de mantenimiento de 0,9 para cada una de las luminarias de acuerdo con los factores de ensuciamiento, (RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Figura 11

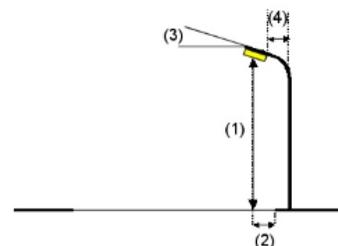
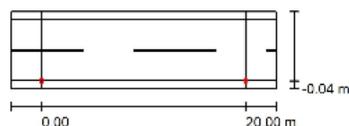
Datos de entrada y resultados de simulación. Modernización sistema de alumbrado público Municipio de Abejorral

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.800 m)
Calzada 1	(Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.800 m)

Factor mantenimiento: 0.90

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: GDS GDS_SLCS_4K_40.2W_5765lm_V07

Flujo luminoso (Luminaria): 5765 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 5765 lm

Potencia de las luminarias: 40.2 W

Organización: unilateral abajo

Distancia entre mástiles: 20.000 m

Altura de montaje (1): 4.500 m

Altura del punto de luz: 4.392 m

Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m

Inclinación del brazo (3): 20.0 °

Longitud del brazo (4): 0.970 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 516 cd/klm

con 80°: 352 cd/klm

con 90°: 44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

Figura 12

Hoja del software de diseño DIALux para el cálculo de iluminación sobre la superficie de cálculo vía y andenes

DIALux 4.13 - C:\Users\HELENA MORA\Dropbox\Helena-Andres\ESPECIALIZACIÓN - GERENCIA\TRABAJO DE GRADO\Simulación.dlx - [Via Típica Alumbrado Público Municip]

Administrador de proyectos

General Método del plan de mantenimiento Orientación

Nombre: brado Público Municipio de Abejorral

Descripción: Proyecto Alumbrado Público Municipio de Abejorral

Vía Típica Luminaria Led 5700 lm

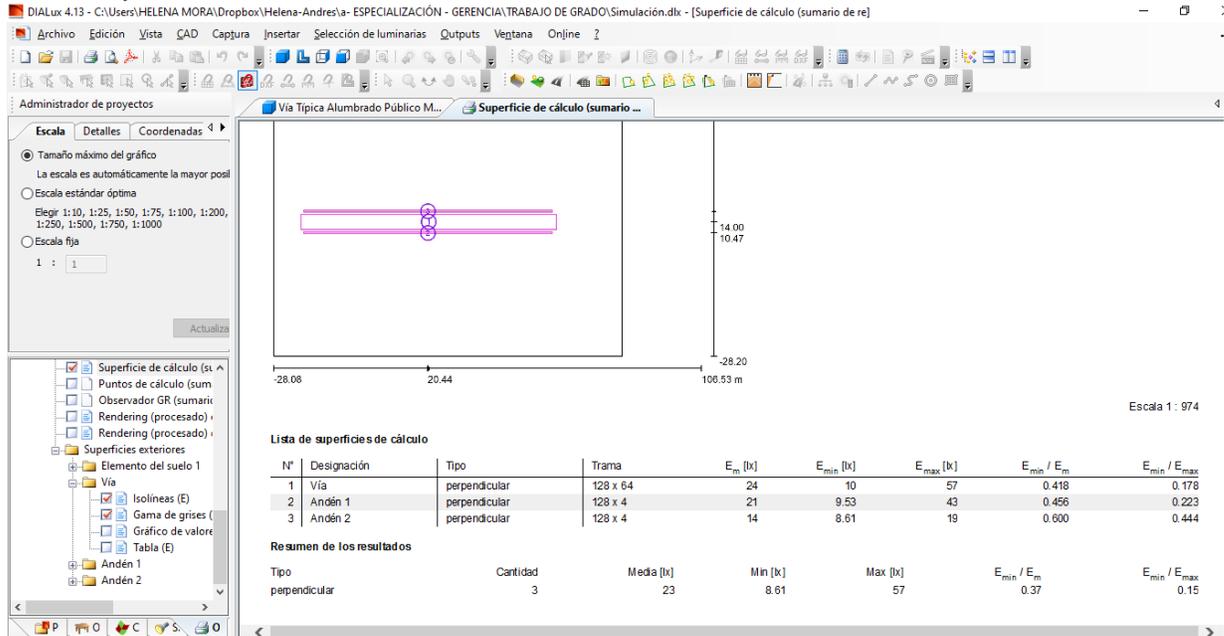
Proyecto 3

- Luminarias utilizadas
- Vía Típica Alumbrado Público Municipio de Abejorral
 - Elemento del suelo 1
 - Luminarias
 - Luminaria individual
 - Luminaria individual
 - Luminaria individual
 - Luminaria individual
 - Luminaria individual
 - Objetos
 - Superficie de cálculo

0.00 lx 0.00 cd/m² 63.013 m 231.653 m 0.000 m UF NUM RF

Figura 13

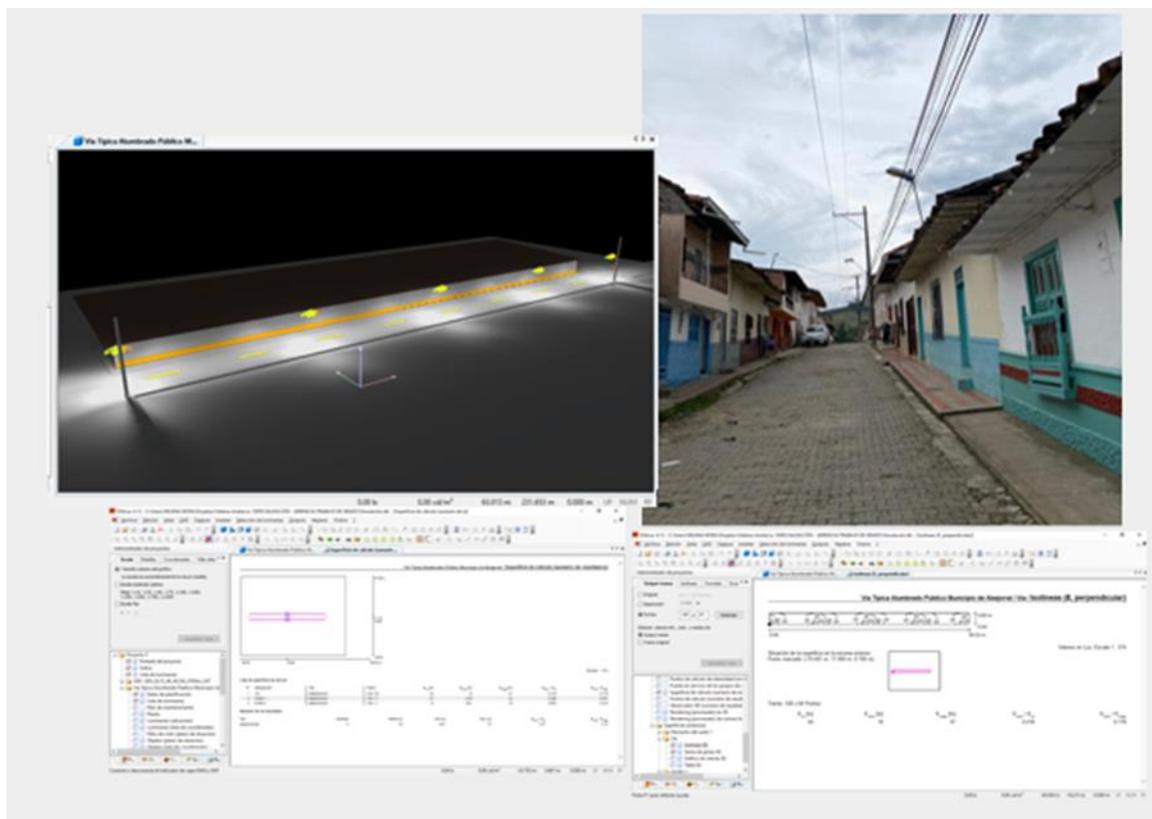
Hoja del software de diseño DIALux. Resultado de parámetros de iluminación sobre la superficie de cálculo vía y andenes



De acuerdo con el resultado de la simulación en el software de iluminación, todos los parámetros cumplen con los mínimos requeridos para una vía M4 según lo especificado en el RETILAP.

Figura 14.

Imágenes de referencia cálculo de diseño y vía típica del Municipio de Abejorral



Fuente: Elaboración Propia

Dado que la mayoría de luminarias de 70W se encuentran ubicadas en calles principales y residenciales del municipio, y la fotometría utilizada para una potencia de 40W en Led según el comportamiento obtenido funciona perfectamente para las condiciones de estas vías, se realizará el estudio financiero con base en esta luminaria, adicionalmente para ciertos casos donde las vías sean de calzadas más amplias o de mayor tráfico se podrá utilizar otra fotometría que permita lograr mayores niveles y uniformidad en caso de ser requerido para el cumplimiento de los niveles requeridos por la norma.

En este caso, la luminaria cumplirá con los requisitos técnicos que permita al municipio en el nuevo modelo de modernización para el sistema de alumbrado público, la reducción del consumo y uso racional de energía del sistema, los costos de operación y mantenimiento, la viabilidad técnica y financiera para la implementación del proyecto y reducción de emisiones al entorno para contribuir con el medio ambiente.

Para el desarrollo de las actividades del proceso de recambio de las luminarias existentes a luminarias LED para la modernización del proyecto se propone tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Planeación de las zonas a intervenir. Iniciar por las vías principales y de acceso al Municipio, vías colindantes al parque principal, continuar con las vías colectoras o secundarias (las que son internas a cada barrio)
- Mapa con la información de cada punto a retirar y a instalar. Mapa con la cartografía del municipio donde se evidencie cada punto a intervenir, y contenga la información del punto a retirar y de la luminaria a instalar: potencia, tipo de brazo, altura de montaje, inclinación e interdistancia.
- El proceso de retiro de la luminaria existente e instalación lo realizará técnicos electricistas que demuestren idoneidad para realizar la actividad.
- Se realizará con equipos como escaleras dieléctricas, carro canastas o elevadores.
- Las luminarias deberán estar previamente armadas: instalación de cable encauchetado, fotocontrol individual y brazo metálico.
- Todas las luminarias deberán traer una placa de marcación que exige RETILAP de acuerdo con el capítulo 320.1.1 Requisitos de Producto, adicional deberá tener una placa con la potencia correspondiente a cada luminaria instalada y número de identificación de la luminaria.
- Una vez fijada la luminaria en el poste se deberá conectar a la red de distribución de energía.
- Se deberá chequear la luminaria, garantizando que queda conectada para prestar el servicio.
- Entrega al Municipio del sistema de alumbrado público correspondiente a la modernización en correcto funcionamiento.

Figura 15

Proceso de implementación modernización Municipio de Abejorral

Descripción Equipo	Objetivo	Cantidad	Unidad	Precio aproximado / proveedor
Camioneta doble cabina (alquiler por el tiempo del proyecto)	Transporte de personal a los diferentes frentes de obra del proyecto	2	mes	\$3.400.000 / Empresa privada de prestación de servicio de transporte
Camioneta NPR (alquiler por el tiempo del proyecto)	Para transporte de material a los diferentes frentes de obra del proyecto	1	mes	\$4.500.000 /Empresa privada de prestación de servicio de transporte
Motocicleta	Realizar recorridos para la verificación de los puntos instalados	1	und	\$3.600.000/Auteco
Escaleras dieléctricas	Instalación de luminarias	5	und	\$2.000.000/Electropartes
Equipo para trabajo en Alturas	Trabajo seguro en altura para la labor	3	Und	\$340.000/Homcenter
Equipos móviles	Registro fotográfico y comunicaciones	2	und	\$1.000.000/Éxito
GPS/Tableta	Para levantamiento georreferenciado del punto que se está instalando	1	und	\$1.500.000/Éxito
Muebles de oficina	Para los ingenieros, personal administrativo a cargo del proyecto	3	und	\$400.000/ Homcenter
Computador portátil	Para el desarrollo de la obra, debe de tener gran capacidad de almacenamiento	4	und	\$2.500.000/ Éxito

Impresora	Impresión de todos los informes y documentos del proyecto	1	Und	\$400.000/Éxito
Oficina y almacén provisional (alquiler por el tiempo del proyecto)	Oficina de ingenieros y operativos del proyecto	1	Und	\$600.000/agencia de arrendamiento
Gastos de oficina, papelería	Papelería para el desarrollo del proyecto	1	Und	\$100.000/Papelería

Fuente: Elaboración Propia

Todos los equipos y maquinaria que requiera el proyecto en caso de ser alquilada serán por la duración de la ejecución del proyecto de modernización.

9.3.3.4 Descripción de insumos.

Los insumos requeridos para la modernización de alumbrado público del Municipio de Abejorral se mencionan los siguientes:

Tabla 7
Insumos

Descripción/Equipo	Objetivo	Calidad / Certificación
Cable encauchetado	Unidad constructiva Conexión Luminarias	RETIE
Brazos o soportes metálicos para luminarias	Unidad constructiva Conexión Luminarias	RETILAP
Fotocontrol	Unidad constructiva Conexión Luminarias	RETILAP

Poste de concreto	Unidad constructiva Conexión Luminarias	RETIE
Cable y conductores eléctricos	Unidad constructiva Conexión Luminarias	RETIE
Elementos de protección personal	Seguridad y salud en el trabajo	Ley 9 de enero de 1979 SALUD OCUPACIONAL

9.3.3.5 Determinación de mano de obra necesaria.

El equipo humano necesario para llevar a cabo el proyecto de modernización está compuesto por personal administrativo y operativo.

El personal administrativo, hace referencia a los ingenieros, auxiliar técnico, profesional en seguridad y salud en el trabajo, profesional socioambiental, contador, auxiliar administrativo.

Personal operativo, hace parte los técnicos electricistas, tecnólogo coordinador de altura y salud en el trabajo y conductores. En la tabla 8, se relaciona el personal mínimo requerido para la ejecución del proyecto de modernización.

Tabla 8
Mano de obra

Nombre del Cargo	Descripción/Funciones	Requisitos	Salario Mensual
Director del Proyecto	Dirigir la planeación del proyecto y velar por el cumplimiento de este establecido en el cronograma de trabajo Revisar, interpretar y tomar decisiones durante la ejecución del proyecto en la parte administrativa y técnica. Revisión de la ejecución de los procesos constructivos, de seguridad y	Ingeniero Electricista Experiencia de 10 años a partir de la matricula profesional Especialización en gerencia de proyectos o similar. Demostrar experiencia en por lo	4.200.000

	<p>salud en el trabajo, socioambiental que se ejecutan durante el desarrollo del proyecto</p> <p>Transmitir a sus colaboradores el objetivo del proyecto y la importancia para el municipio.</p> <p>Realizar seguimiento a los recursos administrativos y financieros del proyecto.</p> <p>Asistir a los comités de seguimiento del proyecto</p> <p>Informar a la entidad respecto a los avances e inconvenientes del proyecto</p> <p>Atender los requerimientos que realice la entidad y supervisión del proyecto</p>	<p>menos seis (4) proyectos como ingeniero, director y/o gerente en construcción y/o modernización y/o expansión y/o terminación de redes de alumbrado público en tecnología LED</p> <p>Tarjeta Profesional vigente</p>	
<p>Ingeniero</p> <p>Electricista</p>	<p>Planificar y realizar seguimiento a la ejecución del proyecto.</p> <p>Identificación y toma de decisiones oportunas</p> <p>Realizar supervisión y seguimiento al personal operativo</p> <p>Coordinar el material, herramientas y equipos para la ejecución del proyecto.</p> <p>Informar a la entidad avances, reprocesos o cualquier novedad que afecte el proyecto</p> <p>Asistir a los comités de seguimiento del proyecto</p> <p>Verificar la correcta instalación de las luminarias y elementos del sistema</p>	<p>Ingeniero Electricista</p> <p>Experiencia de 8 años a partir de la matricula profesional</p> <p>Demostrar experiencia en por lo menos seis (6) proyectos como ingeniero, en construcción y/o modernización y/o expansión y/o terminación de redes de alumbrado público en tecnología LED</p> <p>Tarjeta Profesional</p>	3.300.000

	<p>Verificar que se encuentre en correcto funcionamiento</p> <p>Realizar cortes de obra</p> <p>Realizar los informes correspondientes para el proyecto y requeridos por la entidad</p> <p>Atender los requerimientos que realice la entidad y supervisión del proyecto</p>	vigente		
Auxiliar técnico	<p>Apoyar en las actividades de campo al ingeniero electricista</p>	<p>Ingeniero Electricista o tecnólogo electricista</p> <p>/construcciones</p> <p>Experiencia de 3 años a partir de la matricula profesional</p> <p>Demostrar experiencia en por lo menos en tres (3) proyectos como auxiliar en campo en proyectos de infraestructura vial, de redes de energía o alumbrado público</p> <p>Tarjeta Profesional vigente</p>		\$2.000.000
Profesional en seguridad y salud en el trabajo	<p>Planificar y realizar seguimiento a la ejecución del proyecto.</p> <p>Identificación y toma de decisiones oportunas</p>	<p>Profesional en seguridad y salud en el trabajo o Tecnólogo en</p>		\$2.400.00

	Realizar supervisión y seguimiento al personal operativo	seguridad y salud ocupacional	
	Realizar revisión, control y seguimiento a los equipos y procedimientos para la correcta ejecución del trabajo	Experiencia de 6 años a partir de la matrícula profesional	
	Asistir a los comités de seguimiento del proyecto	Demostrar experiencia en por lo menos en cuatro (4) proyectos como profesional residente a cargo del proyecto en este componente	
	Verificar la correcta instalación de las luminarias y elementos del sistema		
	Verificar que se encuentre en correcto funcionamiento		
	Realizar cortes de obra	Tarjeta Profesional	
	Realizar los informes correspondientes para el proyecto y requeridos por la entidad	vigente	
	Atender los requerimientos que realice la entidad y supervisión del proyecto		
Técnico	Realizar las actividades relacionadas con el recambio de las luminarias y demás elementos asociados para el correcto funcionamiento del sistema	Técnico electricista	Oficial
Electricista	Montaje de trabajo en alturas y redes de media y baja tensión y alumbrado público	Experiencia y conocimiento en ejecución de obras eléctricas, redes eléctricas externas de media tensión y alumbrado público	1.800.000 Ayudante 1.100.000
		Experiencia en manejo de herramienta manual, proyectos de instalación de redes	

		eléctricas de media tensión, alumbrado público y apoyo a la construcción Curso de altura vigente Matrícula profesional Técnico electricista	
Contador	Diligenciar y mantener actualizada la contabilidad del proyecto. Elaborar y presentar los estados financieros con sus correspondientes notas Preparar las declaraciones tributarias nacionales y territoriales Realizar los respectivos pagos y afiliaciones a seguridad social	Contador Experiencia mayor a 10 años Conocimiento y experiencia demostrada en el proceso administrativo y contable de proyectos Experiencia en el marco legal	2.500.000
Almacenista	Revisar, recibir, clasificar y organizar los materiales, herramienta, activos fijos y demás elementos que ingresen al almacén del proyecto Entrega de materiales a personal del proyecto Elaborar Inventarios parciales y totales de todos los elementos existentes dentro del almacén. Mantener en orden equipo y sitio de trabajo reportando cualquier anomalía. Reportar al ingeniero el despacho del material	Técnico en logística o electricista Experiencia mayor a 6 años Experiencia específica en manejo de almacén de obra y conocimiento de material eléctrico, redes y alumbrado público	1.000.000

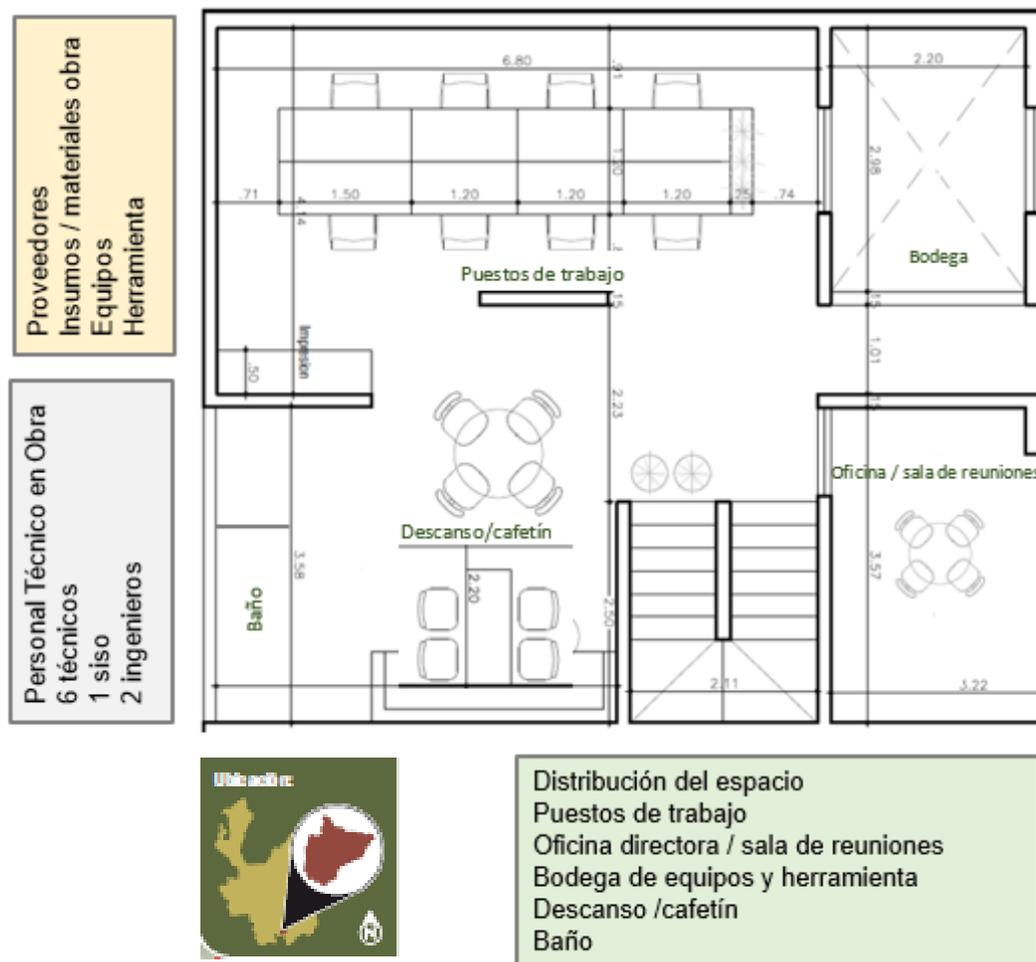
Todo el personal el proyecto deberá estar afiliado al sistema de seguridad social, salud y pensión, respectivas prestaciones sociales vigentes y certificaciones correspondientes; como cursos de alturas para los técnicos que realicen trabajo en alturas.

9.3.3.6 Distribución Interna.

El proyecto se distribuye como se muestra en la Figura 16, los proveedores externos son los que suministran los insumos, materiales, equipos y herramientas.

El personal técnico y operativo en obra; y personal administrativo en oficina o campamento de trabajo. La modernización del sistema de alumbrado público se llevará a cabo en las vías de la zona urbana y rural del Municipio de Abejorral.

Figura 17
Distribución en el espacio



Fuente: Elaboración Propia

9.4 Análisis administrativo

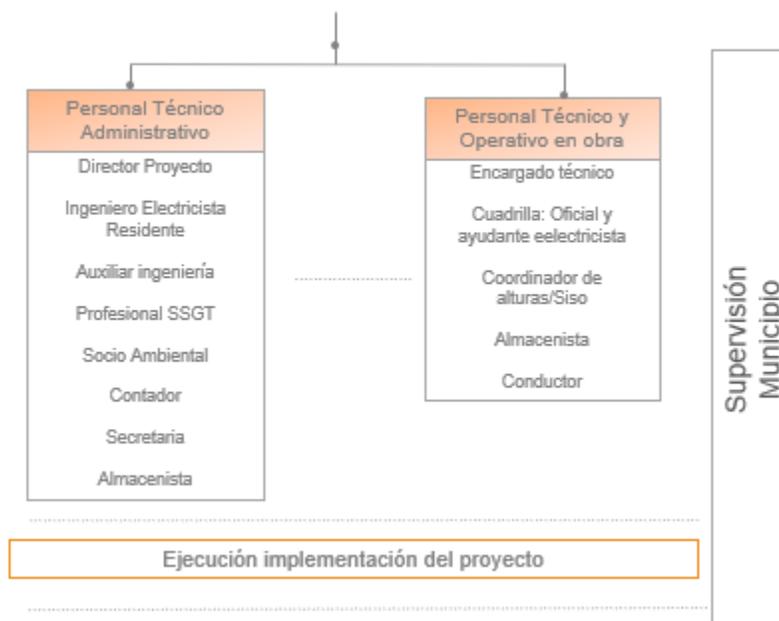
9.4.1.1 Organigrama

La estructura para la implementación del proyecto de Modernización de alumbrado público en el municipio de Abejorral se divide en tres escenarios o figuras a considerar, como se muestra en la Figura 17.

Figura 18

Estructura implementación modernización alumbrado público

Estructura del proyecto Modernización Alumbrado Público Municipio Abejorral



Fuente: Elaboración Propia

En el escenario 1, se propone que el proceso de modernización se realice haciendo el recambio de la totalidad de las luminarias del municipio con un plan masivo de intervención, en otras palabras, que el recambio de luminarias se realice todas al mismo tiempo en todas las zonas del municipio en un período de tiempo de cuatro meses. Esto implicaría recurrir a una entidad financiera con el fin de adquirir el capital de la inversión inicial, es decir la compra de todas las luminarias, contratación de empresa contratista con experiencia en cuadrillas de alumbrado público, redes eléctricas para la ejecución y demás costos asociados a la obra.

En el escenario 2, se sugiere realizar una intervención para el recambio de luminarias por escenarios o progresivo definiendo la prioridad de instalación de luminarias led según las prioridades de cada zona o sector del municipio. En este caso, el municipio financiará el 100% del plan de modernización con los recursos propios y del recaudo del impuesto de alumbrado público, lo cual implica un tiempo de implementación mucho mayor ya que se cuenta con recursos aún más limitados respecto a los otros modelos de implementación.

En el escenario 3, el municipio recurriría a una entidad financiera para apalancar el 100% de la inversión mediante financiación; entidades gubernamentales como FINDETER las cuales apoyan mediante créditos con tasas de interés muy bajas respecto a otras entidades financieras del mercado para este tipo de proyectos a ejecutar por un Municipio, y de esta forma realizar la intervención del total del proyecto para el proceso de modernización y en un tiempo mucho menor al de los escenarios anteriores.

9.4.1.2 Requerimientos de personal.

El personal requerido para el proyecto deberá contar con los requerimientos indicados en la tabla 8, del capítulo de Determinación de mano de obra necesaria y como se relaciona a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9
Requerimientos de personal

Perfil	Requerimiento
Director del Proyecto	Ingeniero Electricista Experiencia de 10 años a partir de la matricula profesional Especialización en gerencia de proyectos o similar. Demostrar experiencia en por lo menos seis (4) proyectos como ingeniero, director y/o gerente en construcción y/o modernización y/o expansión y/o terminación de redes de alumbrado público en tecnología LED Tarjeta Profesional vigente

Ingeniero Electricista	<p>Ingeniero Electricista</p> <p>Experiencia de 8 años a partir de la matricula profesional</p> <p>Demostrar experiencia en por lo menos seis (6) proyectos como ingeniero, en construcción y/o modernización y/o expansión y/o terminación de redes de alumbrado público en tecnología LED</p> <p>Tarjeta Profesional vigente</p>
Auxiliar técnico	<p>Ingeniero Electricista o tecnólogo electricista /construcciones</p> <p>Experiencia de 3 años a partir de la matricula profesional</p> <p>Demostrar experiencia en por lo menos en tres (3) proyectos como auxiliar en campo en proyectos de infraestructura vial, de redes de energía o alumbrado público</p> <p>Tarjeta Profesional vigente</p>
Profesional en seguridad y salud en el trabajo	<p>Profesional en seguridad y salud en el trabajo o Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional</p> <p>Experiencia de 6 años a partir de la matricula profesional</p> <p>Demostrar experiencia en por lo menos en cuatro (5) proyectos como profesional residente a cargo del proyecto en este componente</p> <p>Tarjeta Profesional vigente</p>
Técnico Electricista	<p>Técnico electricista</p> <p>Experiencia y conocimiento en ejecución de obras eléctricas, redes eléctricas externas de media tensión y alumbrado público</p> <p>Experiencia en manejo de herramienta manual, proyectos de instalación de redes eléctricas de media tensión, alumbrado público y apoyo a la construcción</p> <p>Curso de altura vigente</p> <p>Matrícula profesional Técnico electricista</p>
Contador	<p>Contador Experiencia mayor a 10 años</p>

	Conocimiento y experiencia demostrada en el proceso administrativo y contable de proyectos
	Experiencia en el marco legal
Almacenista	Técnico en logística o electricista
	Experiencia mayor a 6 años
	Experiencia específica en manejo de almacén de obra y conocimiento de material eléctrico, redes y alumbrado público

Fuente: Elaboración Propia

9.4.1.3 Contratación de personal

El personal será contratado y seleccionado por la empresa contratista que sea seleccionada por el Municipio para llevar a cabo las actividades del recambio de luminarias de la modernización del sistema de Alumbrado Público, la duración del contrato será de acuerdo al tiempo establecido por el Municipio para la ejecución del proyecto. Todo el personal deberá estar contratado directamente por la empresa a cargo del proyecto, afiliado a la seguridad y prestaciones sociales legales vigentes.

9.4.1.4 Requerimientos de equipos, software, muebles y enseres

Esta información fue relacionada en el capítulo 9.3.3.3 Inversiones en maquinaria y equipo, muebles y enseres.

9.4.1.5 Requerimientos de materiales de oficina

Los requerimientos de materiales de oficina son los mencionados en el capítulo 9.3.3 Inversiones en maquinaria y equipo, muebles y enseres.

9.4.1.6 Requerimientos de servicios

Tabla 10
Requerimientos de servicios

Descripción Equipo	Cantidad	Unidad	Precio aproximado
Servicios públicos	1	mes	\$150.000
Aseo de obra y oficina	1	mes	\$200.000
Pólizas	1	und	\$600.000
Pasacalle informativo	3	und	\$200.000
Comunicación	1	mes	\$70.000

Fuente: Elaboración Propia

9.5 Análisis Legal

La modalidad para la selección del contratista se sugiere por licitación pública de obra o contrato de menor cuantía dependiendo del monto final del proyecto de modernización y del modelo de implementación, lo cual será determinado por el Municipio.

También, podrá considerarse contratar al ejecutor directamente por la empresa de servicios públicos del Municipio.

9.5.1.1 Tipo de Sociedad

Entidad sin ánimo de lucro.

9.5.1.2 Requisitos legales

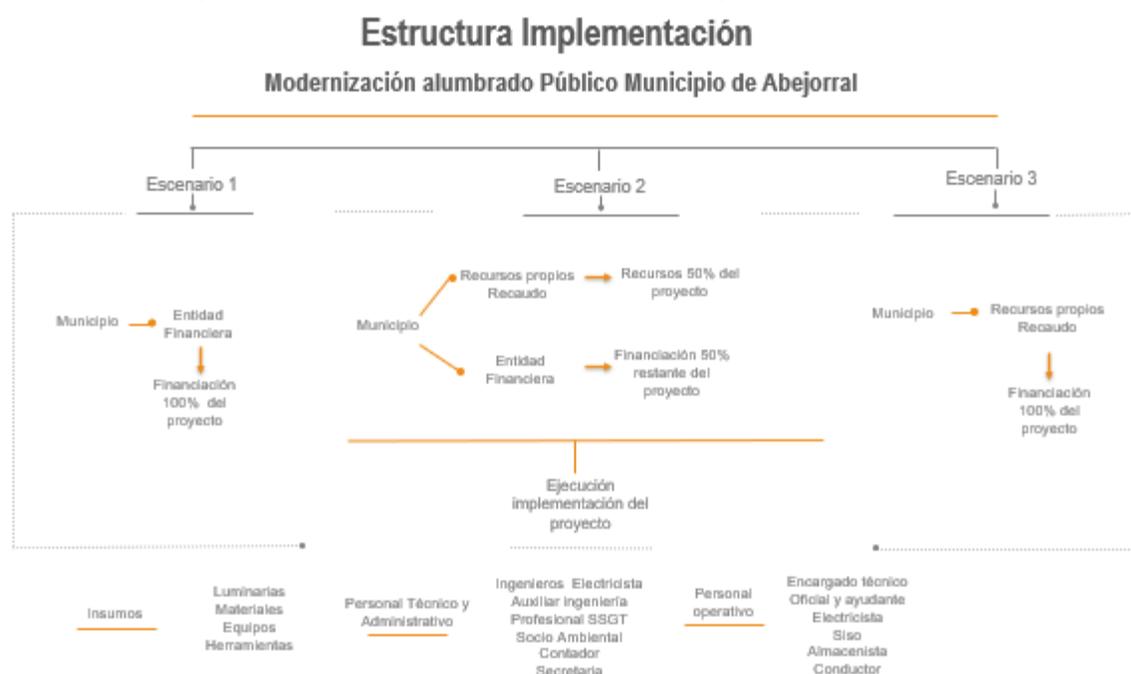
- Que se encuentre incluido en el plan de Desarrollo del Municipio
- Certificado de existencia y representación legal
- Certificación del pago de parafiscales y aportes a la seguridad social
- Registro único tributario RUT
- Registro único de proponentes RUP
- Garantía de seriedad

- Tarjeta Profesional
- Certificado de inhabilidades e incompatibilidades
- Certificado de antecedentes disciplinarios

9.5.2 Inversiones y financiación

La inversión para llevar a cabo el proyecto de modernización de alumbrado público en el municipio de Abejorral, oriente Antioqueño se muestra en la Figura 16, donde se presentan tres escenarios para la ejecución dependiendo del modelo de inversión y financiación.

Figura 19. Estructura implementación modernización alumbrado público



Fuente: Elaboración Propia

En el escenario 1, consiste en que el municipio recurrirá a una entidad financiera para apalancar el 100% de la inversión del proyecto mediante financiación; entidades gubernamentales como FINDETER las cuales apoyan mediante créditos con tasas de interés muy bajas respecto a otras entidades financieras del mercado para este tipo de proyectos a ejecutar por un Municipio, y de esta forma realizar la intervención del total de luminarias del proyecto de modernización, que el recambio de luminarias se realice todas al mismo tiempo en todas las zonas del municipio;

además, el proyecto se realizaría en un tiempo menor de ejecución, porque se cuenta con la disponibilidad del recurso.

En el escenario 2, se propone que el municipio aporte el 50% de la inversión con recursos propios y el otro 50% por medio de financiación. Para este escenario, la implementación de la modernización se realizaría haciendo el recambio de la totalidad de las luminarias del municipio con un plan de intervención gradual o progresivo de acuerdo con las prioridades de intervención de los diferentes sectores del Municipio, esta propuesta tomaría más tiempo de modernización, pero se considera que no afecta tanto el tiempo de implementación y el flujo de caja del Municipio.

En el escenario 3, el Municipio financiará el 100% del plan de modernización con los recursos propios, ahorros por mantenimiento, consumo de energía y del recaudo del impuesto de alumbrado público, lo cual implica un tiempo de implementación mucho mayor ya que se cuenta con recursos aún más limitados respecto a los otros dos escenarios de implementación

10. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

10.1 Evaluación Financiera

Para realizar la evaluación financiera del proyecto, se tendrán en cuenta los tres escenarios para hacer el proceso de modernización en el municipio de Abejorral, oriente Antioqueño.

La evaluación económica se realizará anualmente, en un intervalo de 30 años debido a que esta es la vida útil de las luminarias LED.

En el Municipio el impuesto de alumbrado público corresponde a una tarifa porcentual diferencial sobre el consumo de energía de cada sector residencial según el estrato, comercial, industrial y oficial, mensualmente en la factura de energía.

Con el fin de financiar el proceso de modernización se sugiere recurrir a una entidad financiera como la Banca de Desarrollo Territorial - FINDETER de tal manera que proporcione el recurso para cubrir los costos de inversión. FINDETER cuenta con los recursos de la línea de descuento con tasa compensada para la viabilidad técnica y financiera de los proyectos de inversión relacionados con la infraestructura del sector energético para el desarrollo sostenible de las regiones con el objeto de apoyar los proyectos para el uso racional y eficiente de energía, promover el desarrollo que conduce al crecimiento económico, elevación de la calidad de vida y bienestar social de las regiones sin afectar el medio ambiente, por lo tanto, cuenta con tasas de interés muy bajas para apalancar este tipo de proyectos.

De acuerdo con la resolución 123 de (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011) la cual establece la metodología para calcular los costos máximos de las actividades del sistema de alumbrado público; entre estas, el costo del suministro de energía y el costo de administración, operación y mantenimiento (AOM), se considera la siguiente para realizar el flujo de caja del proyecto:

Para definir el costo del suministro de energía se siguió lo indicado en la (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011), y se consideró el precio promedio de KWh para el municipio de Abejorral de \$550

Para el costo de AOM se consideró aproximadamente el 10,3 % del valor de la infraestructura existente y aquella del resultado de la expansión y/o modernización del Sistema de Alumbrado público (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011)

El factor más determinante a la hora de evaluar el porcentaje destinado al AOM, es la vida útil de la infraestructura. Así pues, se determinó que en el caso de las luminarias LED, el porcentaje destinado a AOM es del 4% anual.

A continuación, se expone cada escenario considerado para la inversión e implementación del proceso de modernización del alumbrado público, resultado

Para el escenario o modelo de implementación 1, se consideró el caso que el Municipio realice la financiación del 100% de la inversión para el proyecto con una entidad financiera

Para realizar y analizar el flujo de caja se consideraron las siguientes variables:

- Ingresos por AOM
- Ingreso por ahorro de energía
- Ahorro por mantenimiento de luminarias
- Tasa de descuento del 13,6%
- Financiación a 10 años
- Flujo de caja a 30 años

Luego de haber analizado el flujo de caja, se observaron resultados no muy positivos. Los indicadores resultantes del proceso de modernización mediante este esquema de implementación son los siguientes:

Tabla 11

Resultado escenario 1. Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público

<i>Inversión Inicial</i>	\$442.980.000
<i>Tasa de descuento</i>	13,60% <i>i</i>
<i>Valor Presente Neto</i>	-\$393.284.199 <i>VPN (Proyecto)</i>
<i>TIR</i>	6% <WACC

Como se observa en la Tabla 11, el $VPN < 0$ y la TIR del proceso de modernización es menor a la tasa de descuento WACC, por lo tanto, no se considera viable la inversión, entre tanto no se sugiere realizarlo por este esquema. En otras palabras, los beneficios de ahorro de energía y AOM no logran compensar la inversión inicial.

Esto se debe a que mediante un crédito del 100% del valor del proyecto, los intereses son altos y los flujos de caja se observan positivos a partir de año 8, lo cual hace que valor presente sea negativo.

Escenario 2. Municipio financia el 50% de la inversión con recursos propios de ahorro AOM, suministro de energía, mantenimiento y recaudo del impuesto de alumbrado público, y recurre a un crédito para el 50% restante con una entidad financiera.

Este segundo escenario de implementación, el flujo de caja que determinará la viabilidad bajo un apalancamiento del 50% mediante endeudamiento y 50% bajo recursos propios deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ingreso por AOM
- Ingreso por ahorro de energía
- Mantenimiento de luminarias
- Tasa de descuento del 13,6%
- Financiación de la mitad (50%) de la inversión a 10 años
- Flujo de caja a 30 años

Luego de haber analizado el flujo de caja, se observaron resultados muy positivos. Los indicadores resultantes del proceso de modernización mediante este esquema de implementación son los siguientes:

Tabla 12

Resultado escenario 2. Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público

<i>Inversión Inicial</i>	\$221.490.000
<i>Tasa de descuento</i>	13,60% <i>i</i>
<i>Valor Presente Neto</i>	\$14.474.733 <i>VPN > 0</i>
<i>TIR</i>	14% > <i>WACC</i>

Como se observa en la Tabla 12, el $VPN > 0$ y la TIR del proceso de modernización es mayor a la tasa de descuento WACC, por lo tanto, se considera viable la inversión, es decir los ahorros de energía y AOM logran compensar la inversión y es una opción muy viable, sin embargo el único inconveniente es que el Municipio deberá realizar un de 50% de la inversión, por lo tanto la

implementación del proyecto se demoraría más tiempo de lo establecido, ya que este valor se obtendría con los ahorros en los cobros de la tarifa del sistema de Alumbrado Público

Finalmente se realizó la estructuración y análisis del **escenario o modelo 3, el cual consistió en considerar que el Municipio aporta el 100% de los recursos para la inversión del proyecto**

El flujo de caja que determinará la viabilidad sin un apalancamiento, es decir el 100% bajo recursos propios del Municipio por ahorro por AOM, consumo de energía, mantenimiento de luminaria y recaudos por el impuesto. Se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Ingreso por AOM
- Ingreso por ahorro de energía
- Mantenimiento de luminarias
- La inversión la asume el Municipio en el 100%
- No tiene financiación por entidades financieras
- Flujo de caja a 30 años

Luego de haber analizado el flujo de caja, se observaron resultados muy positivos y mayores que el escenario 2. Los indicadores resultantes del proceso de modernización mediante este esquema de implementación son los siguientes:

Tabla 13

Resultado escenario 13 Flujo de caja modelo financiero modernización alumbrado público

<i>Inversión Inicial</i>	\$0
<i>Tasa de descuento</i>	0,00% <i>i</i>
<i>Valor Presente Neto</i>	\$2.248.344.526 <i>VPN > 0</i>

Como se observa en la Tabla 18, el $VPN > 0$, por lo tanto, se considera viable la inversión, es decir los ahorros de energía y AOM logran compensar la inversión y es una opción muy viable, sin embargo, en este escenario sería todavía más demorado el proceso de implementación del proyecto, por las razones expuestas en el anterior escenario.

10.1.1 Conclusión general de la evaluación financiera

Frente a los tres escenarios propuestos para la implementación financiera del proyecto se analizó y considero que el mejor escenario para la implementación de la modernización del sistema de alumbrado público es el escenario 2, en el cual, el Municipio aporta el 50% de la inversión del recaudo por el impuesto de alumbrado público y el 50% restante por medio de una entidad financiera, se sugiere a través que sea como FINDETER, la cual, apoya este tipo de proyectos, en las regiones otorgando tasas preferenciales con beneficios en plazos de amortización y años de gracia a capital para el financiamiento de proyectos de inversión en el sector energético con objetivos de desarrollo sostenible.

CONCLUSIONES

- Modernizar el sistema de alumbrado público para el Municipio de Abejorral, Antioquia es una alternativa de inversión y solución que puede significar un cambio importante, ya que más allá de los beneficios económicos, modernizar el sistema de alumbrado público garantiza vías más iluminadas, más seguras, contribuye con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y le genera ingresos al municipio.
- El proyecto permitirá al municipio de Abejorral, Antioquia, materializar el cambio de tecnología con la viabilidad de un modelo financiero para un sistema de alumbrado público con luminarias LED que potencialice la prestación del servicio bajo los criterios de eficiencia energética, confiabilidad en el sistema y sostenibilidad en el tiempo.
- De acuerdo con los resultados obtenidos y analizados del modelo financiero, se evidenció en el flujo de caja que los ingresos que se generan por ahorros hacen que la estrategia 2 donde el Municipio aporta el 50% de la inversión con recursos del recaudo del impuesto y el otro 50% lo financia con una banca de desarrollo territorial como FINDETER, sea la opción más viable financieramente para el proyecto, ya que, el VPN es mayor a 0 y una TIR mayor a la tasa de descuento, lo que representa que la inversión se paga a largo plazo con los ahorros.
- Este modelo financiero permite al proyecto garantizar sostenibilidad a largo plazo, mediante la eficiencia energética, ahorro en el consumo de energía, optimización del AOM y confiabilidad del sistema de alumbrado público.
- La viabilidad técnica y financiera es clave para la implementación del proyecto, pero más allá de esto, es la voluntad política de los gobernantes de turno para llevar a cabo, apropiarse y comprender que la inversión para desarrollar el proceso de modernización

del sistema de alumbrado público del municipio traerá beneficios para el municipio, tanto económicos como en el entorno social y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Roncancio, P. C. (2011). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/>
- Alcaldía del Municipio de Abejorral, I. G. (2015). *Google*. Recuperado el 21 de 05 de 2020
- Alcántara Menjumea y Labán Hajar, F. J. (2018). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Andrade, O. E. (2008). *Repositorio UNIANDES*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/11173/u402503.pdf?sequence=1>
- Bacca Urbina. (2010). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Resolución 123 de 2011. (s.f.). <https://www.minenergia.gov.co/>. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: <https://www.minenergia.gov.co/>
- Corea y Asociados. (2008). *Google Académico*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- DANE. (2018). Recuperado el 21 de 05 de 2020
- Decreto 2424, M. (2006). *Google Académico*. Recuperado el 16 de 04 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- Decreto 943, M. (2018). *Google Académico*. Recuperado el 16 de 04 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- Donado M, F., & Hernández R, M. (2013). *Google Académico*. Recuperado el 04 de 05 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- Echavarría Molina, J. S. (2012). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Escalona, I. (2010). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*.
- Flores Arias, J. M. (2013). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 04 de 05 de 2020

- García Fuentes, M. (2019). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 04 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Hernández Estupiñan, J. P. (2020). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 04 de 05 de 2020
- López Arias, S. (2015). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Meza O, J. M. (2004). *Matemáticas Financieras Aplicadas. Bogota DC.2006*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2018). <https://www.minenergia.gov.co/>. Recuperado el 16 de 04 de 2020
- Miranda Miranda , J. J. (2012). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Páramo P. (2007). *Google Académico*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- Plazas Tovar, A. S. (2009). *Biblioteca Digital E-Libro ESUMER*. Recuperado el 04 de 05 de 2020, de <https://esumer.edu.co/basesdedatosbibliograficas/>
- Research and Markets. (2019). *Google Académico*. Recuperado el 05 de 05 de 2020, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- RETILAP, Ministerio de Minas y Energía, R. (2010). *Ministerio de Minas y Energía*. Recuperado el 16 de 04 de 2020, de <https://www.minenergia.gov.co/>
- Sapan & Sapag, N. y. (2007). (P. -P. Mexico, Ed.) Recuperado el 2020
- Vaquiroy, J. D. (2010). *PYMES FUTURO GERENCIA-FINANZAS-PROYECTOS*. Obtenido de <https://www.pymesfuturo.com/jdidierv.html>

ANEXOS

Anexo 1. Modelo Financiero: flujo de caja