

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO PILOTO DE  
TELEGESTIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO DESDE EL TRAMO VIAL DE LA  
DIAGONAL 15 HASTA LA PUERTA DEL SOL EN EL MUNICIPIO DE  
BUCARAMANGA**

**NICOLAS COBOS PORRAS  
OSCAR LUIS MORALES MONTAÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO PILOTO DE  
TELEGESTIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO DESDE EL TRAMO VIAL DE LA  
DIAGONAL 15 HASTA LA PUERTA DEL SOL EN EL MUNICIPIO DE  
BUCARAMANGA**

**NICOLAS COBOS PORRAS  
OSCAR LUIS MORALES MONTAÑO**

**Trabajo de monografía para optar al título de Especialista en Evaluación y  
Gerencia de Proyectos**

**Director:  
GUILLERMO BUSTAMANTE ALZATE  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Quisiera dedicarle este proyecto mis padres María Eugenia Porras Mateus y Pedro Nel Cobos Macías (+) porque ellos siempre han sido mi fuente de mi inspiración, porque me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, porque me han dado Todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

A mis hermanos Juan Sebastián y Camilo porque aunque hemos compartido momentos difíciles los hemos afrontado y hemos salido adelante.

A mis abuelos, tíos y demás familiares por su comprensión y ayuda en todo momento.

A mi Esposa por todo el cariño y el apoyo que me ha brindado durante este camino que hemos recorrido juntos a lo largo de estos años.

A mi jefe la ingeniera Gloria Duran Valderrama, por todos los conocimientos impartidos y aportes realizados a este proyecto.

Quisiera también agradecerle mis compañeros y amigos toda la ayuda recibida  
A todos gracias.

**Nicolás Cobos Porras**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera darle las gracias a Dios por darme la fortaleza y la paciencia para poder recorrer este camino.

A la Universidad Industrial de Santander por hacer uso de toda su experiencia como institución educativa del país e implementar esta especialización en la ciudad de Bucaramanga.

Al Ingeniero Guillermo Bustamante Álzate, director de esta monografía por su valiosa orientación y excelente disposición para lograr este objetivo, siempre compartiendo su experiencia y conocimiento con su metodología de enseñanza.

A todo el equipo de personas que involucró y motivó el desarrollo de esta monografía compuesto por los profesores de la Universidad Industrial de Santander, al Departamento de alumbrado público de Bucaramanga, a mis compañeros y jefe de trabajo.

A mis familiares, seres queridos, amigos y demás personas que me rodearon durante esta etapa y que vivieron de cerca el inicio y culminación del logro de este objetivo.

**Nicolás Cobos Porras**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios y a mi madre. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre Mary Montaña, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

**Oscar Luis Morales Montaña**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso, quien nos dio la sabiduría y nos orientó en este proyecto.  
A nuestros padres y familiares que nos apoyaron para cumplir nuestras metas sin desfallecer, a nuestro Director el Ingeniero Guillermo León Bustamante Alzate por su colaboración en el desarrollo de este trabajo de grado.

A la Universidad Industrial de Santander por la formación obtenida a lo largo de esta especialización, por la calidad de sus profesores y trabajadores.

**Oscar Luis Morales Montaña**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	20
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1. ALCANCE	21
2. ESTUDIO TÉCNICO	22
2.1 LOCALIZACIÓN	22
2.2 URBÓTICA	23
2.3 SISTEMAS URBOTICOS	23
2.4 DETALLE DEL PROCESO	24
2.4.1 Niveles de Telegestión	24
2.4.2 Comunicaciones de un Sistema de Telegestión	27
2.4.3 Arquitectura del Sistema	29
2.5 PROVEEDORES	36
2.5.1 Schreder	36
2.5.2 Philips	37
2.5.3 Minos	39
2.6 EVALUACIÓN TÉCNICA	40
3. ESTUDIO LEGAL	41
3.1 MARCO LEGAL DE ALUMBRADO PÚBLICO	42
3.1.1 Leyes Normativas	42
3.1.2 Decretos	42
3.1.3 Resoluciones	43
3.1.4 Acuerdos Municipales	44
3.1.5 Desarrollo regulatorio	45
4. ESTUDIO FINANCIERO	47

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	47
4.2 ANALISIS ACTUAL SIN EL PROYECTO (SISTEMA CONVENCIONAL)	48
4.2.1 Costos y gastos de reposición de luminarias de sodio	48
4.2.2 Costos del consumo de Energía Anual	49
4.2.3 Costos de mano de obra	49
4.2.4 Valor de luminarias de sodio actuales sin el proyecto	50
4.2.5 Resumen costos y gastos sin el proyecto	52
4.3 ANALISIS CON EL PROYECTO (SISTEMA DE TELEGESTION)	53
4.3.1 Valor de la inversión inicial sistema de telegestión	53
4.3.2 costos y Gastos de Reposición de Luminarias Led	54
4.3.3 Costos del Consumo de Energía Anual con el Proyecto	54
4.3.4 Costos de Mano de Obra con el Sistema de Telegestión	55
4.3.5 Dimerización con el Proyecto de Telegestión	55
4.3.6 Resumen costos y gastos con el proyecto	57
4.4 EVALUACIÓN FINANCIERA	58
4.5 EVALUACIÓN FINANCIERA SIN PROYECTO	58
4.6 EVALUACION FINANCIERA CON PROYECTO	61
4.7 ANÁLISIS FLUJO INCREMENTAL	64
4.7.1 Análisis con-sin proyecto	65
4.8 ANALISIS VERTICAL	68
4.9 ANALISIS HORIZONTAL	70
5. ANALISIS DE RIESGOS	72
5.1 ESCALA DE PROPABILIDAD E IMPACTO EN TIEMPO Y COSTO	72
5.2 TOLERANCIA	73
5.3 IDENTIFICACION DE RIESGOS	76
5.4 SEVERIDAD COSTO-TIEMPO	80
5.4.1 Ponderación de Riesgos	81
5.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.	83
5.5.1 Demoras en los entregables del diseño	83
5.5.2 Daños en la Maquinaria	84

5.5.3 Accidentes laborales	84
5.5.4 Lluvias intensas	85
5.5.5 Falta de mano de obra calificada	85
5.5.6 Movimientos sísmicos	86
5.5.7 Incumplimiento en el cronograma	87
5.5.8 Robo de cable y luminarias	87
5.5.9 Abandono de obra	88
6. CONCLUSIONES	91
7. RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación geográfica	22
Figura 2. Niveles de telegestión	25
Figura 3. Luminaria Led	25
Figura 4. Tablero de control	26
Figura 5. Software Sidar	27
Figura 6. Tipos de luminaria Led	30
Figura 7. Control de luminaria Led	32
Figura 8. Controlador (Luco)	33
Figura 9. Controlador (Seco)	34
Figura 10. Sistema Schreder Telegestión	36
Figura 11. Sistema Philips telegestión	37
Figura 12. Sistema Minos	39
Figura13. Responsabilidades alumbrado público	43
Figura14. Reglamentos de alumbrado público	44
Figura15. Cobro del servicio de alumbrado público	45
Figura16. Suministro de energía	46
Figura 17. Iluminación led con el sistema de telegestión	61

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. VPN Con - Sin	66
Gráfica 2. Pay Back estático.	67
Gráfica 3. Análisis por demoras en los entregables del diseño para el proyecto.	83
Gráfica 4. Análisis por Daños en la Maquinaria para el Proyecto.	84
Gráfica 5. Análisis de Accidentes Laborales para el Proyecto.	84
Gráfica 6. Análisis de Lluvias Intensas para el Proyecto.	85
Gráfica 7. Análisis de falta de mano de obra calificada para el proyecto.	86
Gráfica 8. Análisis de movimientos sísmicos para el proyecto.	86
Gráfica 9. Análisis de incumplimiento en el cronograma para el proyecto.	87
Gráfica 10. Análisis de robo de cable y luminarias para el proyecto.	87
Gráfica 11. Análisis de abandono de obra para el proyecto	88

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especificaciones Técnicas Luminarias Led	31
Tabla 2. Evaluación técnica	40
Tabla 3. Ingresos Alumbrado Público	48
Tabla 4. Costos y gastos asociados a la reposición de luminarias de sodio	49
Tabla 5. Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria	49
Tabla 6. Costo total de mano de obra	50
Tabla 7. Cantidad de luminarias actuales	50
Tabla 8. Costo de luminarias actuales sin proyecto	50
Tabla 9. Resumen de costos y gastos sin proyecto	52
Tabla 10. Cantidad de Luminarias Led	53
Tabla 11. Valor de la inversión inicial de luminarias led	53
Tabla 12. Costos y Gastos asociados a la reposición de luminarias led	54
Tabla 13. Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria led	55
Tabla 14. Costo total de mano de obra con el proyecto	55
Tabla 15. Reducción de consumo de potencia con el proyecto	56
Tabla 16. Resumen de costos y gastos con proyecto	57
Tabla 17. Indicadores para evaluación financiera.	59
Tabla 18. Flujo de caja de la situación actual sin el proyecto.	60
Tabla 19. Indicadores para evaluación financiera.	62
Tabla 20. Flujo de caja con el proyecto de telegestión	63
Tabla 21. Flujo de caja incremental	64
Tabla 22. Flujo de caja incremental	65
Tabla 23. Flujo de caja incremental acumulado	67
Tabla 24. Análisis vertical entre los periodos 2015 y 2017.	68
Tabla 25. Análisis horizontal entre los periodos 2016 y 2017.	70

Tabla 26. Escala de probabilidad	72
Tabla 27. Escala impacto en tiempo	72
Tabla 28. Escala impacto en costo	73
Tabla 29. Tolerancia en Tiempo	73
Tabla 30. Tolerancia en Costo	74
Tabla 31. Definición de Grados de Tolerancia	74
Tabla 32. Ponderación de Tolerancia	75
Tabla 33. Identificación de riesgos	76
Tabla 34. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos	77
Tabla 35. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos	78
Tabla 36. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos	79
Tabla 37. Severidad costo-tiempo	80
Tabla 38. Riesgos que Requieren Análisis-costo	81
Tabla 39. Riesgos que Requieren Análisis-tiempo	81
Tabla 40. Riesgos que Requieren Especial Atención-costo	82
Tabla 41. Riesgos que Requieren Especial Atención-tiempo	82
Tabla 43. Riesgos que requieren análisis tiempo	90

## RESUMEN

**TITULO:** ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN EN ALUMBRADO PÚBLICO DESDE EL TRAMO VIAL DE LA DIAGONAL 15 HASTA LA PUERTA DEL SOL EN EL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.<sup>1</sup>

**AUTORES:** NICOLAS COBOS PORRAS  
OSCAR LUIS MORALES MONTAÑO

**PALABRAS CLAVES:** Telegestión, sistemas, iluminación, urbótico emisiones, tecnología, fiabilidad, consumo.

### DESCRIPCION:

Teniendo en cuenta el crecimiento sostenido del municipio de Bucaramanga, el cambio de tecnología en el servicio de alumbrado público no podría estar ajeno a estas nuevas políticas de eficiencia energética y uso racional de la energía.

Los beneficios que conlleva realizar el cambio del actual sistema de iluminación de sodio a led con telegestión se ven enmarcados en un sistema urbótico que tiende al ahorro energético, optimización del mantenimiento, reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, medidas de consumo energético exactas, mejora la fiabilidad y seguridad de la red de alumbrado público y tecnología fácil e intuitiva.

Las nuevas tecnologías en ámbito urbano inciden fuertemente en la calidad de vida de los ciudadanos, de los inversionistas y empresarios ya que este ambiente ofrece ciudades competitivas las cuales atraen recursos, capital humano, creatividad e impulsan el crecimiento social-cultural y económico.

El mayor desafío al que nos estamos enfrentando es la gestión, el control y el diseño de las ciudades que apoyan su funcionamiento en instrumentos casi completamente virtuales. La ciudad virtual no reemplaza en ninguna manera la ciudad real, solo la enriquece de complejidad y de componentes inmateriales.

Por lo tanto debido a lo mencionado anteriormente en esta monografía se plantea un estudio técnico y financiero para implementar un sistema de telegestión en el alumbrado público de Bucaramanga ya que se considera de vital importancia modernizar la iluminación en las vías y parques, para así dar una mejor seguridad a todos los habitantes del municipio.

---

<sup>1</sup> Monografía.

<sup>1</sup> Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas- Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.- Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.- Director: Guillermo Bustamante.- Master.

## ABSTRACT

**TITLE:** FEASIBILITY STUDY FOR REMOTE PILOT PROJECT IN STREET LIGHTING FROM DIAGONAL ROAD SECTION OF 15 TO DOOR IN THE MUNICIPALITY OF SOL BUCARAMANGA.<sup>2</sup>

**AUTHORS:** NICOLAS COBOS PORRAS  
OSCAR LUIS MORALES MONTANO

**KEYWORDS:** remote management, systems, lighting, emissions, technology, reliability, consumption.

### DESCRIPTION:

Given the sustained growth of the municipality of Bucaramanga, technology change in street lighting service could not be oblivious to these new policies on energy efficiency and rational use of energy.

The benefits of making the change from the current system led lighting with remote management sodium are framed in a system that tends urbótico energy saving, maintenance optimization, reductions in emissions of greenhouse gases, energy consumption measurements accurate, improves the reliability and security of the public lighting network, easy and intuitive technology.

New technologies in urban areas strongly affect the quality of life of citizens, investors and entrepreneurs since this environment offers competitive cities which attract resources, human capital, creativity and drive social, cultural and economic growth.

The biggest challenge we are facing is the management, control and design of cities to support their operations almost entirely virtual instruments. Virtual city does not replace in any way the real city, only enriches complexity and intangible components.

So because of what I mentioned earlier in this monograph a technical and financial study proposes to implement a remote management system in the public lighting Bucaramanga as it is considered vital to modernize the lighting on roads and parks, to also give a best security for all inhabitants of the municipality.

---

<sup>2</sup> Monograph

<sup>2</sup> Faculty of Engineerings Physical Mechanical.- School of Industrial and Managemental Studies. – Specialization in Evaluation and Project Management. – Director: Guillermo Bustamante. - Master

## INTRODUCCIÓN

La modernización del sistema de alumbrado público a tecnología Led, complementado con un sistema de telegestión es un proyecto piloto que se orienta fundamentalmente a modificar las prácticas tradicionales de operación y mantenimiento del sistema de Alumbrado Público. Este sistema de telegestión opera el sistema de Alumbrado Público de una forma moderna, más económica, ajustada a las políticas del Ministerio de Minas y Energía, teniendo en cuenta que estén sintonizadas con las políticas internacionales actuales, donde el uso racional de la energía es un principio, que a todos nos concierne.

La implementación de tecnología led y del proyecto de telegestión para la operación del servicio de Alumbrado Público de todo el Municipio de Bucaramanga, conlleva unas inversiones considerables, que se optimizan mediante la realización de un programa piloto, lo que permite evaluar las bondades reales de la tecnología que se escoja, detectar debilidades o falencias previas que no son fácilmente observables en un proceso licitatorio para realizar las compras masivas de equipo tecnológico.

La telegestión del servicio de Alumbrado Público se ha venido implementando a nivel mundial, y se ha logrado comprobar su eficiencia en el manejo de energía y optimización de recursos que se reflejan en importantes beneficios económicos, por la reducción de los consumos de energía, mejora los tiempos de recuperación del servicio ante fallas, optimización de los mantenimientos, no requerimiento de personal en horas nocturnas detectando fallas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio técnico y financiero para evaluar la implementación de un proyecto piloto de telegestión en la operación del sistema de alumbrado público en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Realizar el diagnóstico de la situación actual del sistema de alumbrado público en el Área Metropolitana de Bucaramanga.
2. Realizar la especificación de un sistema piloto de telegestión para una porción de la red de alumbrado público de la ciudad, con base en una investigación global, utilizando diferentes fuentes de documentación suministrada por los fabricantes de sistemas de telegestión como Schreder, Philips, Minos y Alumbrado público de Bucaramanga.
3. Presentar una recomendación al municipio, en relación a la arquitectura de un sistema de telegestión, con las características técnicas mínimas de los equipos que existen en el mercado como parte de la solución técnico-financiera.
4. Elaborar la estructura y evaluación financiera del proyecto, donde se conocerá el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el periodo de recuperación de la inversión, con lo cual se determinará los riesgos y la viabilidad del proyecto.

## **1. ALCANCE**

Este proyecto consiste en realizar una evaluación técnico financiera para realizar el cambio de la actual iluminación de sodio a led acompañada con un sistema de telegestión, el cual se desarrollará de la carrera 15 desde la calle 3 (CAI la virgen), hasta la calle 61 (Puerta el sol) en el municipio de Bucaramanga, esto con el propósito de disminuir los costos de instalación, mantenimiento y consumo de energía, lo cual permitirá gestionar de manera eficiente nuestra red de alumbrado público.

## 2. ESTUDIO TÉCNICO

### 2.1 LOCALIZACIÓN

Para el proyecto piloto se tomó el corredor vial de la carrera 15 desde la calle 3 (CAI la virgen), hasta la calle 61 (Puerta el sol), que se encuentran emplazadas en el municipio de Bucaramanga.

**Figura 1. Ubicación geográfica**



Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

El tramo vial se seleccionó teniendo en cuenta que es una zona de gran concurrencia vial y peatonal, lo cual va a permitir realizar una evaluación desde el punto de vista técnico, financiero y de satisfacción del usuario.

## **2.2 URBÓTICA**

Las nuevas tecnologías en ámbito urbano inciden fuertemente en la calidad de vida de los ciudadanos, de los turistas, pero también en la eficiencia de las empresas, de los servicios públicos y en la atractividad para nuevas inversiones, por lo tanto los sistemas de telegestión en el alumbrado son herramientas usadas para gestionar, controlar y supervisar las redes de alumbrado público. Estos sistemas de telecomunicación permiten gestionar de forma remota las luminarias de modo individual, haciendo así un uso completo de sus parámetros operativos. Ofrecen nuevos modos de tratar el uso eficiente de la energía para el alumbrado público. De hecho, cuando se conecta a otros componentes específicos facilita la variación precisa y selectiva de la intensidad de luz de la luminaria.

Cada luminaria individual recibe la información de configuración que mejor se adapta a su función particular. Es posible configurar exactamente la cantidad de luz necesaria en cualquier circunstancia dada controlando la cantidad de energía usada.

## **2.3 SISTEMAS URBOTICOS**

Se puede considerar dentro de los sistemas urboticos, la telegestión que es un aparato electrónico que permite un control inteligente de instalaciones aisladas, asegurando la comunicación de información entre las fuentes de datos locales y las provenientes del puesto central de supervisión. Es un sistema autónomo que registra los acontecimientos que se producen a nivel local. Sus cometidos principales son controlar el buen funcionamiento de la instalación, permitir el envío

de órdenes a distancia, almacenar información en su base de datos para transmitirla al puesto central y permite enviar diversas alarmas de acuerdo a la programación que se establezca.

El sistema consta de varios componentes como un puesto central de supervisión, una red de comunicaciones, estaciones de telegestión, sensores y otros instrumentos de campo.

## **2.4 DETALLE DEL PROCESO**

**2.4.1 Niveles de Telegestión.** La operación de un sistema de Alumbrado Público, bajo un modelo de telegestión, está fuertemente correlacionada con los principios de optimización de los recursos, de la maximización de los beneficios, como es el ahorro de la energía, mejorar la calidad y confiabilidad del servicio de alumbrado ofrecido a una comunidad. De acuerdo con las múltiples alternativas ofrecidas en el mercado se plantea un modelo de telegestión dividido en varios niveles.

**Figura 2. Niveles de telegestión**



Fuente: Alumbrado público de Bucaramanga

**2.4.1.1 Nivel I.** Los equipos instalados en las luminarias, los cuales reportan el estado de su información y hacen el control de cada punto luminoso. Este nivel detecta el funcionamiento y reporta las fallas que se pueden presentar en sus componentes, transmitiendo los datos al siguiente nivel de control, mediante un sistema de comunicación.

**Figura 3. Luminaria Led**



Fuente: Alumbrado Público de Bucaramanga

**2.4.1.3 Nivel II.** Conformado por los equipos instalados en los centros de distribución, donde se hace el control para cada circuito exclusivo de Alumbrado Público en baja tensión, en resumen son concentradores que registran los eventos, las maniobras necesarias, miden o registran los diferentes parámetros eléctricos, registran anomalías o averías en cada circuito de baja tensión,. Desde estos concentradores se trasmite al nivel superior mediante un sistema de comunicación la información recibida de cada una de las luminarias existentes en los circuitos exclusivos de alumbrado, y la propia que se llegue a generar por la operación misma del centro de distribución.

**Figura 4. Tablero de control**



Fuente: Alumbrado público de Bucaramanga

**2.4.1.3 Nivel III.** Corresponde al centro de control o sala de operación de sistema de Alumbrado Público, en este lugar se recibe la información de los centros de distribución, y se gestiona la operación de los componentes del sistema, en él se realizan los análisis y se determinan los correctivos que sean necesarios, permite la supervisión y control de la información del sistema, mediante una unidad de mando central, recibe la información de los otros dos niveles a través del sistema de comunicación y se gestiona la totalidad de la información, análisis, se

determinan las respuestas operativas a todos los eventos y centraliza toda la información y control de las diferentes bases de datos que interactúan en el funcionamiento de un sistema de alumbrado, lleva el procesamiento de todas las señales, genera despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes, realiza los análisis y elabora el cálculos de indicadores.

**Figura 5. Software Sidar**



Fuente: alumbrado público de Bucaramanga

**2.4.2 Comunicaciones de un Sistema de Telegestión.** Los tres niveles de telegestión están relacionados a través de un sistema de comunicaciones, el cual se encarga de la transmisión de la información al centro de control y desde el centro de control a los diferentes componentes del Sistema de Mediante el módulo de comunicaciones se transmiten las diferentes señales de estado de cada uno de los componentes del sistema de alumbrado, las cuales son almacenadas en bases de datos, que soportan interfaces gráficas del software adoptado para el centro de control.

Los operadores pueden acceder a los datos generados, desde los diversos elementos del sistema de alumbrado, determinando las respuestas a los diferentes eventos asociados.

**2.4.2.1 Redes Inalámbricas.** La comunicación inalámbrica, podría ser la solución ideal para la comunicación de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, al permitir crear un sistema en el que el municipio no necesite construir un centro de control, sino que la información está a su disposición en cualquier momento y sitio a través de un simple acceso Web en Internet.

La utilización de la telefonía móvil, permite la gestión total del sistema a través de Internet. Además, permitiría ayudar al trabajo diario de los servicios de mantenimiento, así como a facilitar la realización de acciones puntuales, empleando las posibilidades de la mensajería SMS. (Short Message Service), que es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos.

Es por ello que una alternativa que supera varios de los problemas de un sistema como el PLC, son las nuevas tecnologías inalámbricas.

- **Estándares de Comunicación Inalámbrica. WPAN:** (en inglés Wireless Personal Area Networks, red Inalámbrica de área personal) es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.

**WMAN:** redes inalámbricas de área metropolitana. (wireless neighborhood área networks). Las redes inalámbricas de área extensa (WMAN) tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa. Las technologies principales son:

- **GSM (Global System for Mobile Communication).**
- **GPRS (General Packet Radio Service).**
- **UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).**

**WLAN** :(en inglés, wireless local área network) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas.

**WIMAX:** son las siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas). Es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio.

El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Fórum; todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

### **2.4.3 Arquitectura del Sistema**

**2.4.3.1 Equipos de Iluminación.** Actualmente existen luminarias HID 250W, instaladas sobre postes metálicos de 12 mts, es decir con una altura libre de montaje de 10.5 mts, brazo de 2" y avance de 0.70 mt, con interdistancias de aproximadamente 35 mts (ver plano adjunto). El Municipio solicitará el diseño fotométrico el cual debe realizarse de acuerdo con la metodología descrita en la

Norma CIE-140 (2000). Se plantea retirar estas luminarias que son 112 unidades y remplazarlas por LUMINARIA SCHREDER TECEO 2 – 64 LED, BLANCO NEUTRO, 500 mA, POTENCIA 103W, con led de última generación con eficacia luminosa superior a 90Lm/W, 100000@L70 entre 4000 y 4200K cerrada con vidrio y cumpliendo con todas las normas nacionales e internacionales para la fabricación de luminarias de alumbrado público conforme a la norma IEC 60598.

**Figura 6. Tipos de luminaria Led**



Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

## ESPECIFICACIONES MINIMAS QUE DEBEN CUMPLIR LAS LUMINARIAS

Tabla 1. Especificaciones Técnicas Luminarias Led

LUMINARIA LED			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN		SOLICITADO
1	NORMA DE FABRICACIÓN		IEC 60598 1-2-3, IEC 60529, RETILAP
2	FABRICANTE DE LA LUMINARIA		INDICAR
3	FABRICANTE DEL LED		
4	REFERENCIA		INDICAR
5	POTENCIA REAL DE LA LUMINARIA (W)		INDICAR
6	FRECUENCIA DE SERVICIO [ Hz ]		60 Hz
7	VOLTAJE DE OPERACIÓN		220 +/- 5%
8	TIPO DE CARCAZA		ENTERIZA
9	MATERIAL DEL CUERPO DE LA LUMINARIA		ALUMINIO INYECTADO
10	ACABADO DEL CUERPO DE LA LUMINARIA		Pintura Electroestática, con protección UV para uso al intemperie; color Verde.
11	GRADO DE PROTECCIÓN	CONJUNTO ELECTRICO	IP 65
		CONJUNTO OPTICO	IP 66
		CUERPO (CARCAZA)	IK >= 0.8
		REFRACTOR	IK >= 0.7
12	DRIVER	PROTECCIÓN ELECTRICA SOBRE VOLTAJE	SI
		PROTECCIÓN ELECTRICA DE CORTO CIRCUITO	SI
		PROTECCIÓN ELECTRICA DE SOBRE CARGA	SI
		PROTECCIÓN SOBRE TEMPERATURA	SI
		CORRIENTE DEL DRIVER (mA)	Indicar la corriente con la que obtiene el flujo luminoso ofrecido
		DIMERIZABLE	SI
		THD MAXIMO	20%
		COMPATIBLE A CUALQUIER SISTEMA DE TELEGESTIÓN	SI
		SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA TELEGESTIÓN	ZIGBEE
13	LED	TEMPERATURA DE COLOR	Entre 4000 y 4500 °K, con una consistencia de color hasta del 5.5%
		COORDENADAS CROMATICAS SEGÚN CEI 1931	Indicar las coordenadas
		EFICIENCIA DEL LED	>= 80 LmW
		EFICIENCIA DEL MODULO DENTRO DE LA LUMINARIA (lmW)	INDICAR
		Vida útil de los LED. (L70 o superior, de acuerdo a lo indicado en la norma LM 80	>= 70.000 Horas
		CRI	≥ 70% , tener en cuenta R9
14	FACTOR DE POTENCIA		> 0.9
15 16	OPTICA	TIPO DELENTE (Lentoflex, vidrio, policarbonato)	INDICAR
		DIFUSOR EN VIDRIO	SI
17	DISIPADOR DE CALOR	MATERIAL	Aluminio extruido
		TEMPERATURA DE OPERACIÓN	0°C y 45°C
18	CERTIFICACION RETILAP	ENTIDAD ACREDITADORA	SI
		NUMERO DE ACREDITACIÓN	SI
		FECHA DE APROBACIÓN (DIA/MES/AÑO)	SI
		VIGENCIA	SI
		ADJUNTAR CERTIFICADO JUNTO CON LOS ANEXOS	SI
19	MARCACIÓN DE FABRICA	TIPO	PLACA METALICA EXTERIOR
		NOMBRE DE FABRICANTE	SI
		POTENCIA	SI
		TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	SI
		IP E IK GARANTIZADO	SI
		AÑO DE FABRICACIÓN	SI
LUMINARIA EN ALTO O BAJO RELIEVE (SI/NO)	SI		
20	GARANTÍA DE TODA LA LUMINARIA (DRIVER + MODULO LED + CARCAZA)		7 AÑOS

Fuente: www.schereder.com

**2.4.3.2 Controladores de la Luminaria.** Es un modo de control para un sistema de gestión centralizado dedicado a monitorizar y gestionar una luminaria

**Figura 7. Control de luminaria Led**



Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

- **Controlador de Luminaria (LUCO).** LuCo debe ser el controlador elegido si se quiere instalar el sistema en el interior de las luminarias. El controlador está disponible en tres versiones LuCo-D con interface DALI, LuCo-M con un medidor de consumo energético clase 1 integrado y LuCo-U sin medidor y para aplicaciones donde un equipo de medición estándar se monta en la caja de conexiones. Como en el CoCo, la corriente, la tensión y el factor de potencia, son también continuamente monitorizados y almacenados. Y de la misma manera, un reloj astronómico integrado provee del encendido al anochecer y apagado al amanecer incluso cuando el equipo que controla al LuCo (Controlador de Segmento) tiene un fallo operacional.

**Figura 8. Controlador (Luco)**



Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

- **Controlador de Segmento (SECO).** El controlador de Segmento controla hasta 150 Controladores de Columna o de Luminaria. Recolecta los datos de todos los OLC a través de una red mallada auto regenerada ZigBee y los transmite a través de internet a un Servidor Web, garantizando su seguridad gracias a VPN. La conexión a internet se puede realizar por un acceso ADSL, GPRS o 3G. Equipado con 2 entradas y 2 salidas analógicas y digitales y un interfaz Modbus, el SeCo puede adquirir datos de un equipo de medida de consumo energético en un amplio segmento, con fines de tarificación del consumo energético además de recibir comandos de sensores remotos y otros dispositivos.

Debido a su motor potente, el SeCo es completamente programable con personalizaciones para cada caso si son necesarias. Para simplificar los puntos de luz pueden organizarse en grupos (por ejemplo intersecciones, carreteras principales, pasos de peatones, etc...) recibiendo y ejecutando comandos de una manera sincronizada sobre el grupo.

El controlador de segmento se instalará sobre una caja tipo “lonchera” (de acometidas antifraude) localizada sobre uno de los postes de alumbrado público.

**Figura 9. Controlador (Seco)**



Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

**2.4.3.3 Software.** Es una aplicación web que simplifica el accionamiento y configuración del sistema. Con el software se configuran y comprueban los puntos de luz para su puesta en servicio.

El programa recopila y filtra la información antes de almacenarla en una base de datos central. Los responsables de alumbrado pueden acceder a aplicaciones web para analizar los datos con una simple pulsación, lo que les servirá para reducir el consumo de energía y los costos de mantenimiento así como mejorar el servicio de alumbrado a los ciudadanos.

El sistema debe poseer una plataforma de gestión a nivel mundial robusta para manejar sistemas de iluminación con más de 100.000 puntos para ciudades intermedias y principales, con sistema de soporte backup para protección de información y protocolos de seguridad para dar diferentes niveles de acceso a diferentes usuarios con diferentes jerarquías de mando y consulta.

El sistema debe estar en capacidad de monitorear y controlar luminarias independientemente y por grupo realizando telemetría de consumo de energía en kWh, potencia consumida instantánea en el punto, corriente, voltaje de alimentación, factor de potencia, horas de funcionamiento, hora de encendido y apagado de cada luminaria y análisis de fallas; además, reloj astronómico, programación de dimming en diferentes horas de la noche con agendamiento calendario para hacer control manual y automático grupal o individual y así poder definir programación rutinaria o excepciones en fechas determinadas, entradas auxiliares en el sistema de control maestro para colocar fotocelda, llegado el caso en que se necesite o sistemas de sensorización.

El sistema no debe enviar la señal por línea de mando adicional ni sistema de filtro pasabanda, debe poseer sistema de comunicación inalámbrico por medio de protocolo de comunicación abierto ZIGBEE en la banda de los 900MHZ, con disponibilidad de mínimo 16 canales para ser cambiados de acuerdo a circunstancias presentadas en el espectro electromagnético, el sistema debe tener un control por luminaria con su antena de comunicación el cual debe estar instalado dentro de la luminaria el cual debe poder alimentarse a un nivel de tensión de 220V, y debe tener la potencia suficiente para no ser afectada por interferencia de antenas de telecomunicación ni otros tipos de obstáculos.

Para la coordinación de cada uno de los controles individuales de las luminarias debe poseer un controlador de segmento que transmita los mandos inalámbricamente hasta un mínimo de 140 luminarias, dicho controlador de segmento, debe tener la posibilidad de tener puertos auxiliares para conectar una fotocelda si fuese necesario o un sistema de sensor, además para la comunicación con el centro de control debe estar en capacidad de conectarse a internet por medio de línea LAN o sistema GPRS. El cual debe tener la potencia suficiente para no ser afectada por interferencia de antenas de telecomunicación ni otros tipos de obstáculos.

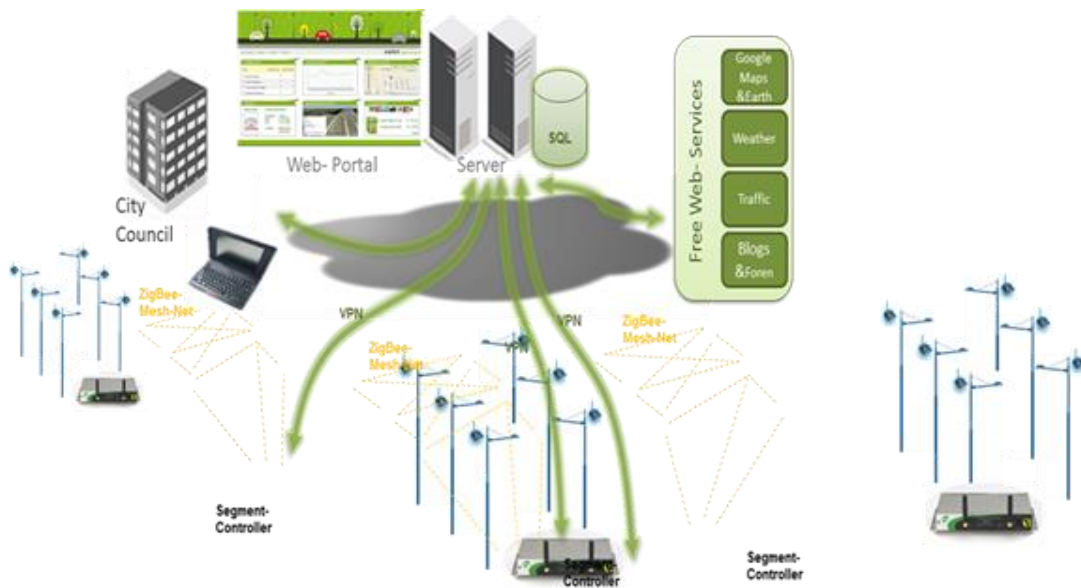
Puesto que el sistema es inalámbrico, el conjunto de luminarias debe permitir conectar los diferentes equipos controlados a circuitos diferentes de alimentación cuyo nivel de tensión es de 220V AC.

## 2.5 PROVEEDORES

Para analizar y determinar las posibles alternativas de telegestión del servicio de Alumbrado Público en el proyecto piloto de la ciudad de Bucaramanga, se evaluaron las funciones y las arquitecturas de las tecnologías disponibles en el mercado, siendo unas más eficientes que otras en algunos campos.

### 2.5.1 Schreder

Figura 10. Sistema Schreder Telegestión



Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

Tiene un avanzado sistema de telegestión para monitorizar, controlar, medir y gestionar el alumbrado exterior.

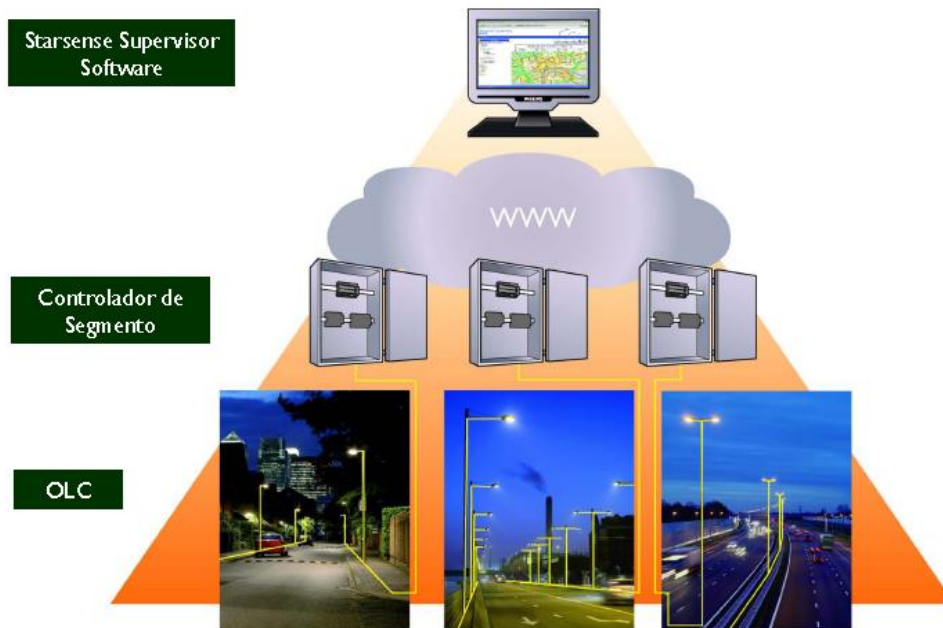
Utiliza un software de fácil utilización que monitorea, controla y administra la instalación de iluminación llamado OWLET. El núcleo del sistema es el protocolo de comunicación abierto ZigBee, una tecnología de red de malla inalámbrica, ampliamente utilizado en varias industrias donde se necesita una tecnología de red con un estándar industrial seguro y fiable. El Sistema Owlet Nightshift, es tan simple como la página WEB de una aerolínea o como un motor de búsqueda en la Web. Toda la información recibida se almacena en una base de datos MySQL.

## 2.5.2 Philips

Figura 11. Sistema Philips telegestión

**PHILIPS**

### El Sistema

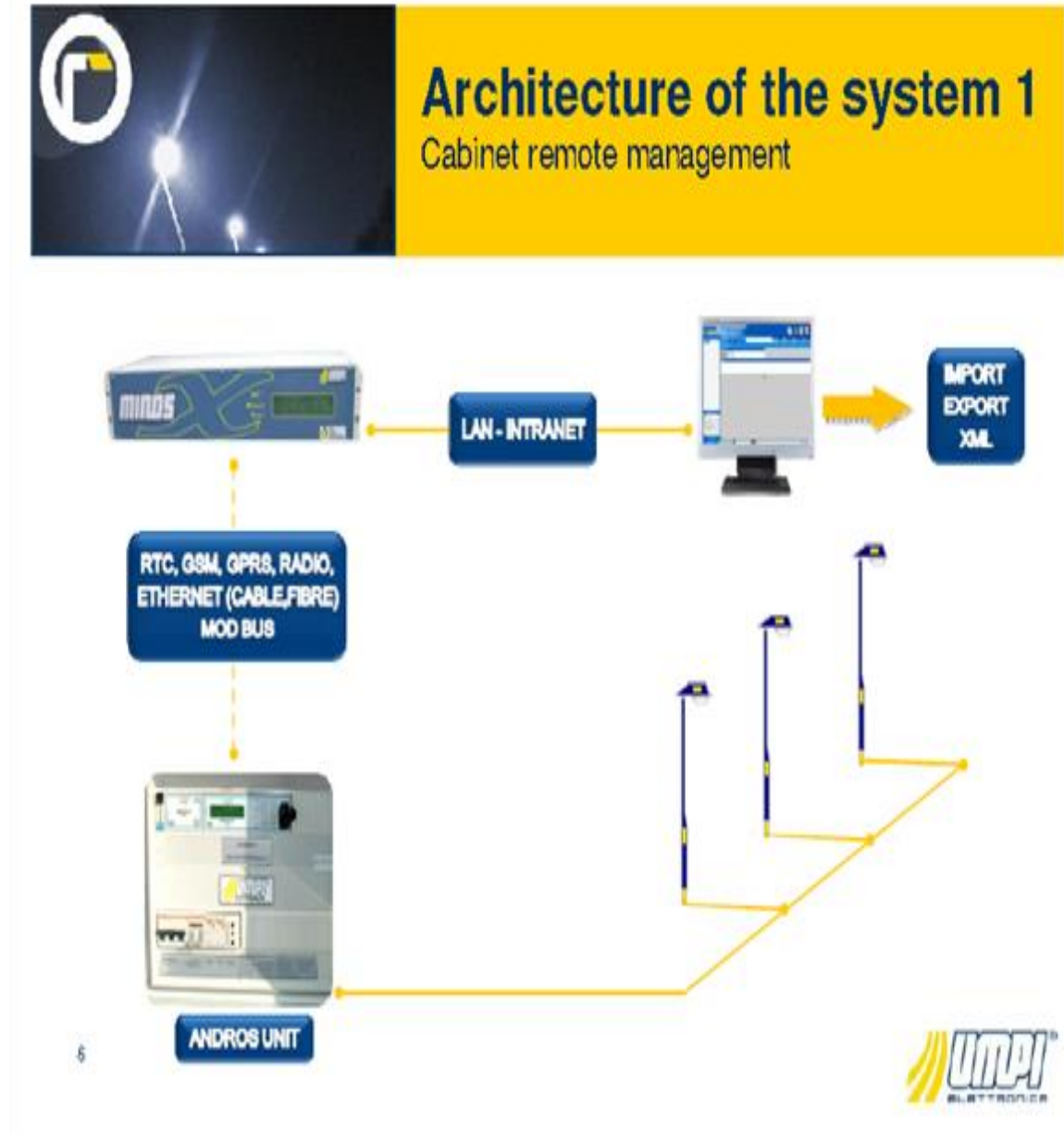


Fuente: [www.philips.com](http://www.philips.com)

Utiliza la tecnología de las comunicaciones de Echelon, en cada una de las luminarias se instala un controlador. Los datos de las luminarias son percibidos por el Segmento Controlador .El responsable del Segmento Controlador Starsense gestiona el Alumbrado Público y se comunica con el centro de control de una ciudad equipada con Starsense Supervisor de software de portal web (alimentado por Streetlight. Visión). Los agregados de software a millones de datos procedentes de las luminarias y otros dispositivos y proporciona al usuario final con un paquete completo de aplicaciones de gestión Web, incluyendo el análisis de consumo de energía, la identificación automática de fallos, mantenimiento preventivo y las pruebas a distancia y control de Alumbrado Público en los mapas de la ciudad.

### 2.5.3 Minos

Figura 12. Sistema Minos



Fuente: [www.minos.com](http://www.minos.com)

El sistema está compuesto por diferentes equipos. El Syra es el equipo instalado en cada punto de luz a telecontrolar, este identifica la lámpara de forma unívoca y analiza su funcionamiento y el de los equipos que tienen asociados.

## 2.6 EVALUACIÓN TÉCNICA

**Tabla 2. Evaluación técnica**

No	CRITERIO	PHILIPS	SCHREDER	MINOS
1	MIDE SITIOS, CIRCUITOS, LUMINARIAS	3	4	3
2	MIDE FACTOR DE POTENCIA, VOLTAJES, CORRIENTES	4	4	4
3	TOMA DATOS CADA 15, 30, 60 MINUTOS	2	3	2
4	PRESENTA INFORME EN TABLA, GRAFICO, DETALLADO Y GENERALIZADO	3	4	3
5	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN SITIO(TIEMPO Y GIGABITES)	4	4	3
6	ALARMA DE PICOS DE CONSUMO	3	4	2
7	ON/OFF EN TIEMPO REAL (SITIOS, CIRCUITOS, LUMINARIAS)	4	4	3
8	ATENUACION EN TIEMPO REAL (SITIOS, CIRCUITOS Y LUMINARIAS)	3	4	3
9	PROGRAMACION DE ON/OFF(SITIO, CIRCUITOS Y LUMINARIAS)	4	4	3
10	PROGRAMACION DE ATENUACION(SITIO, CIRCUITOS Y LUMINARIAS)	3	4	3
11	ALARMA DE APERTURA DE TABLERO, PERDIDA DE COMUNICACIÓN Y DE TEMPERATURA	3	3	1
12	ADQUISICION DE CODIGO FUENTE	2	3	2
13	SOFTWARE AMIGABLE	3	4	3
14	TRABAJA EN TABLETS Y SMARPHONE	4	4	4
15	SERVICIO TECNICO EFICIENTE	3	4	2
16	ADAPTACION DE SOFTWARE A ALUMBRADO PUBLICO BUCARAMANGA	3	4	3
<b>TOTAL</b>		51	61	44

Fuente: Alumbrado Público de Bucaramanga

### **3. ESTUDIO LEGAL**

El municipio es responsable de prestar el servicio de alumbrado público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos y demás espacios de libre circulación que no se encuentran a cargo de ninguna persona natural o jurídica diferente del municipio.

El objeto del alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades tanto vehiculares como peatonales.

El alumbrado público es un servicio esencial que no se puede dejar de prestar, por seguridad de todos los habitantes del Municipio.

La Secretaria de infraestructura dentro del marco de sus funciones tiene a su cargo lo relacionado con el Manejo Integral del Alumbrado Público Municipal, el cual comprende el mantenimiento, reposición, expansión, modernización y repotenciación.

La Constitución Política en su Artículo 311 establece que el Municipio como entidad fundamental de la División Político Administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la Ley, y en su artículo 365 ibídem, establece que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

Por lo tanto para este proyecto piloto de telegestión es necesario conocer los aspectos fundamentales que intervienen en el sistema normativo y legal que se requieren para la prestación y modernización del alumbrado público en el municipio de Bucaramanga.

### **3.1 MARCO LEGAL DE ALUMBRADO PÚBLICO**

El marco normativo y legal del alumbrado público está compuesto por determinadas leyes, decretos, resoluciones y acuerdos municipales los cuales impactan en el desarrollo de este proyecto de telegestión el cual está enmarcado dentro de una mejora de la tecnología de este importante servicio público.

#### **3.1.1 Leyes Normativas**

**LEY 97 DE 1913:** Asigna la facultad para crear un impuesto sobre el alumbrado público en Bogotá.

**LEY 84 DE 1915:** Amplió la facultad asignada a Bogotá para todos los municipios del país.

**LEY 136 DE 1994:** Establece en el numeral 1 del artículo 3 que le corresponde al municipio prestar los servicios públicos que determine la ley.

**LEY 697 DE 2001:** Fomenta el uso eficiente y racional de la energía URE, en todos los aspectos de la economía nacional.

**LEY 1150 DE 2007:** Art.29 reglamente el contrato de concesión de alumbrado público.

#### **3.1.2 Decretos**

**DECRETO 2424 DE 2006:** Reglamenta la prestación del servicio de alumbrado público.

**DECRETO MUNICIPAL 095 DE 2001:** Se crea el grupo de alumbrado público adscrito a la secretaría de infraestructura del municipio de Bucaramanga.

**Figura13. Responsabilidades alumbrado público**



Fuente: [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)

### 3.1.3 Resoluciones

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.181331 DE 2009:** Expidió el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público para la república de Colombia.

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.181331 DE 2010:** Modifica la resolución del MME. 181331 de 2009

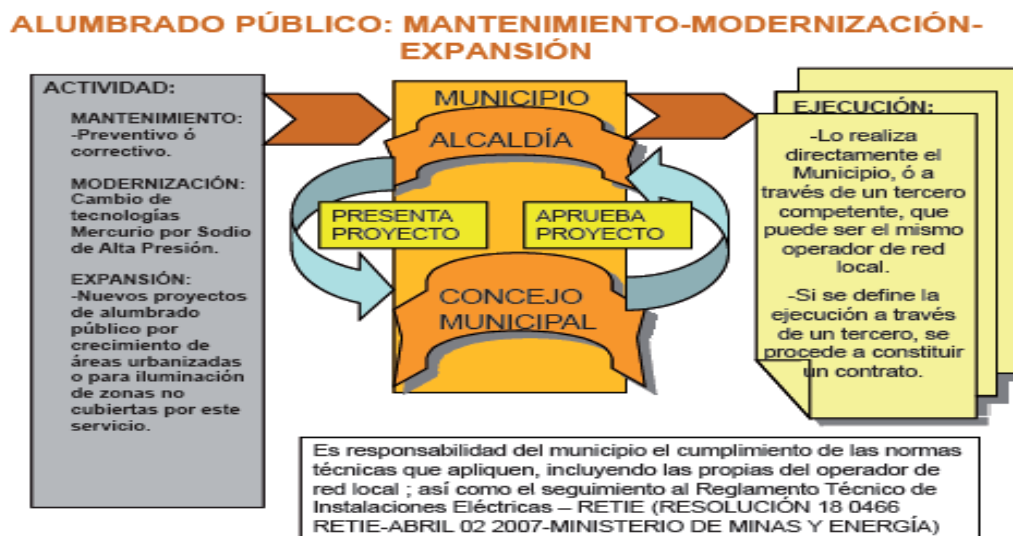
**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.180540 DE 2010:** Modifica la resolución del MME. 181331 de 2009.

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.181568 DE 2010:** Modifica la resolución del MME. 181331 de 2009.

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.182544 DE 2010:** Modifica la resolución del MME. 181331 de 2009.

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA R.180398 DE 2007:** Expidió el reglamento técnico de instalaciones eléctricas para la república de Colombia.

**Figura14. Reglamentos de alumbrado público**



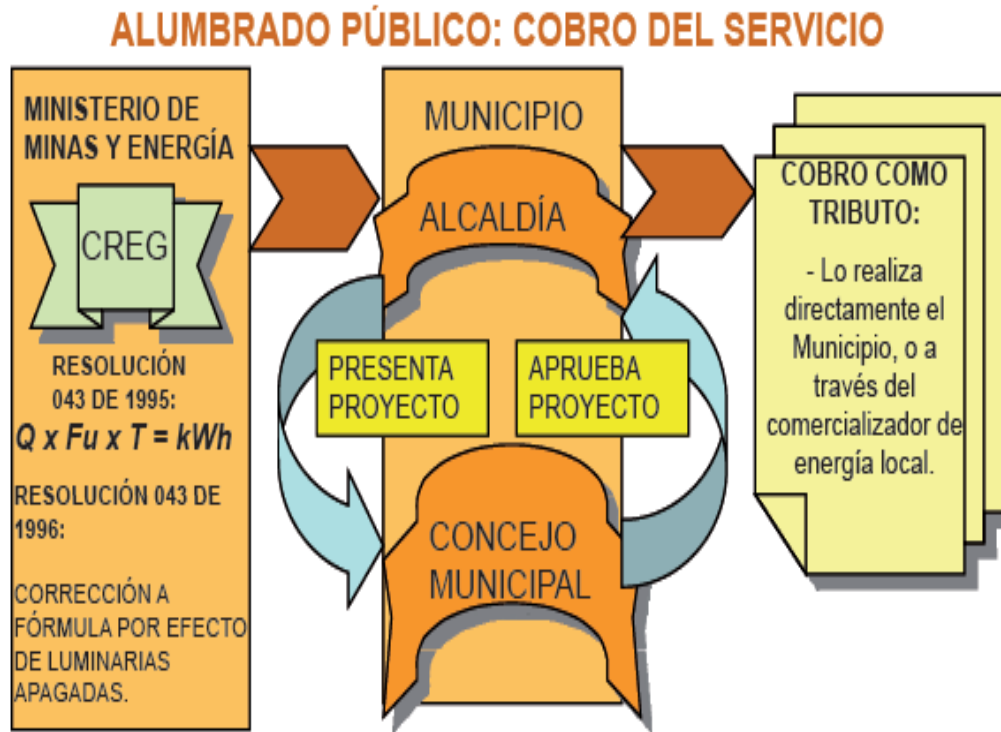
Fuente: [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)

**3.1.4 Acuerdos Municipales.** Establecen el impuesto de alumbrado público indicando sujeto activo, sujeto pasivo, base gravable, hecho generador y tarifa.

**ACUERDO 044 DE 2008:** Modifico el estatuto tributario de Bucaramanga.

**ACUERDO 012 DE 2010:** Declara agentes recaudadores del impuesto de alumbrado público a las comercializadoras de energía.

Figura15. Cobro del servicio de alumbrado público



Fuente: [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)

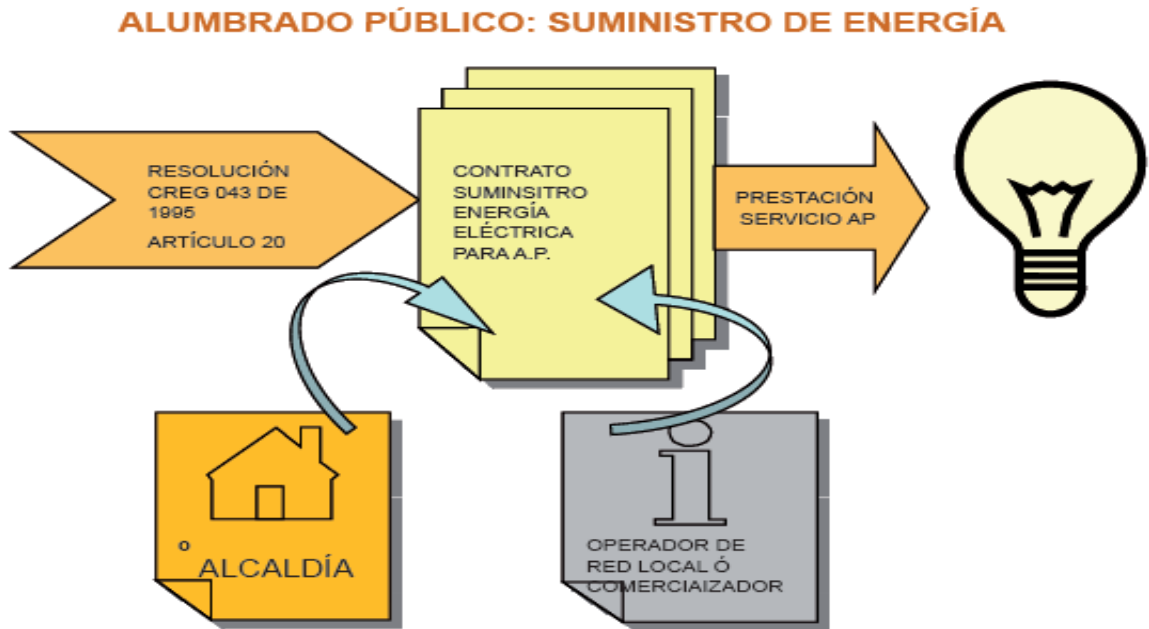
### 3.1.5 Desarrollo regulatorio

**RESOLUCION CREG 122 DE 2011:** Regula el contrato y costo de facturación y recaudo conjunto con el servicio de energía del impuesto creado por la ley 97 de 1913 y 84 de 1915 con destino a la financiación del servicio de alumbrado público.

**RESOLUCION CREG 123 DE 2011:** Aprueba 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.

**RESOLUCION CREG 005 DE 2012:** Modifica la Resolución CREG 122 DE 2011 con respecto a la fórmula del costo de facturación y recaudo.

Figura16. Suministro de energía



Fuente: [www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)

Para la prestación del servicio del alumbrado público, el municipio debe garantizar el suministro de energía eléctrica; por lo cual el mecanismo contemplado en la regulación, es la constitución de un contrato de prestación del servicio entre el municipio y el operador de red o comercializador, en este contrato el cliente es el municipio.

Adicionalmente, es obligación de la alcaldía realizar las actividades de alumbrado público y en especial, las expansiones considerando el plan de ordenamiento territorial (POT), en este caso el del municipio de Bucaramanga.

## **4. ESTUDIO FINANCIERO**

En el siguiente análisis financiero se tomara como base los resultados del estudio técnico la referencia Schreder, con la cual se determinara que tan viable es implementar el cambio de la iluminación de sodio a una led, acompañada de un sistema de telegestión.

### **4.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

El modelo financiero que se implementó se realizó con datos suministrados por el operador de red del municipio de Bucaramanga, la referencia Schreder la cual nos facilitó los valores actuales del sistema de telegestión el cual incluye el suministro de luminarias Led y alumbrado público de Bucaramanga nos apoyó con los datos técnicos de las luminarias que serían reemplazadas por el actual sistema de iluminación y los costos de administración, operación y mantenimiento.

El sistema de telegestión trae como ventaja poder dimerizar la iluminación lo que quiere decir es realizar una reducción en potencia consumida (KWH), por lo tanto es un beneficio económico el cual se relaciona en las tablas de hojas de costos.

**Tabla 3. Ingresos Alumbrado Público**

<b>INGRESOS A.P</b>	
<b>ENERGIA EMPRESARIAL DE LA COSTA</b>	3.300.000
<b>ITALCOL</b>	2.000.000
<b>ISAGEN</b>	16.000.000
<b>EMGESA Y EPM</b>	84.000.000
<b>RUITOQUE</b>	86.000.000
<b>VATIA</b>	192.000.000
<b>ESSA</b>	1.600.000.000
<b>INGRESOS MENSUALES</b>	1.983.300.000
<b>INGRESOS ANUALES</b>	23.799.600.000

Fuente: alumbrado público de Bucaramanga

#### **4.2 ANALISIS ACTUAL SIN EL PROYECTO (SISTEMA CONVENCIONAL)**

A continuación se mencionan los costos asociados a la condición operativa actual del sistema de alumbrado público en los cuales se relacionan diferentes variables que afectan los costos de operación y mantenimiento.

**4.2.1 Costos y gastos de reposición de luminarias de sodio.** La operación del sistema de alumbrado público tiene asociado unos costos por reposición de luminarias de sodio, originados por el deterioro o mal funcionamiento de algunos de los elementos que contiene la lámpara. Los cuales se indican en la tabla 4.

**Tabla 4. Costos y gastos asociados a la reposición de luminarias de sodio**

LUMINARIAS ACTUALES	VALOR	REPOSICIONA ANUAL
LUMINARIA SODIO 250W	\$ 817.179	\$ 54.285.201
LUMINARIA SODIO 400W	\$ 1.301.822	\$ 2.850.990
LUMINARIAS SODIO 150W RD2	\$ 509.627	\$ 2.976.222
<b>TOTAL</b>		\$ 60.112.413

**4.2.2 Costos del consumo de Energía Anual.** Las luminarias para su óptimo funcionamiento tienen asociadas el uso de energía eléctrica, el cual se ve reflejado en consumo de energía (KWH), la cual dependiendo del operador de red que la suministre tiene un costo por su uso, para el caso de este estudio el operador es la electrificadora de Santander, el valor comercial de la energía es de \$360 el valor del kilovatio consumido.

**Tabla 5. Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria**

LUMINARIAS ACTUALES	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL
LUMINARIA SODIO 250W	\$ 160.707.456
LUMINARIA SODIO 400W	\$ 8.344.426
LUMINARIAS SODIO 150W RD2	\$ 8.577.792
<b>TOTAL</b>	\$ 177.629.674

**4.2.3 Costos de mano de obra.** La operación del sistema de alumbrado público de Bucaramanga consta de un personal calificado e idóneo, los cuales deben ser técnicos electricistas y están agrupados en cuadrillas comprendidas de tres personas y una grúa tipo canasta, lo cual se describe en la tabla 6.

**Tabla 6. Costo total de mano de obra**

MANO DE OBRA HH	CANTIDAD	VALOR/DIA	TOTAL
ELECTRICISTAS	3	\$ 40.000,00	\$ 120.000,00
<b>MAQUINARIA</b>			
GRUA	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
<b>COSTO MANIMIENTO DIARIO</b>			\$ 150.000,00

Los valores que se describen en esta tabla 6, fueron suministrados por la oficina de alumbrado público de Bucaramanga.

**4.2.4 Valor de luminarias de sodio actuales sin el proyecto.** En el sistema actual de alumbrado público se tienen luminarias de sodio las cuales en el sitios donde se va desarrollar el proyecto son de diferentes potencias y tienen unos costos asociados a ellas, los cuales se describen en la tabla 7.

**Tabla 7. Cantidad de luminarias actuales**

LUMINARIAS ACTUALES	CANTIDAD
LUMINARIA SODIO 250W	364
LUMINARIA SODIO 400W	12
LUMINARIA SODIO 150W RD2	16

**Tabla 8. Costo de luminarias actuales sin proyecto**

LUMINARIAS ACTUALES	VALOR	VALOR TOTAL LUMINARIAS
LUMINARIA SODIO 250W	\$ 817.179	\$ 297.453.156
LUMINARIA SODIO 400W	\$ 1.301.822	\$ 15.621.864
LUMINARIAS SODIO 150W RD2	\$ 509.627	\$ 8.154.032
<b>TOTAL</b>		\$ 321.229.052

Las luminarias que actualmente se encuentran el sitio donde se va desarrollar el proyecto piloto fueron escogidas debido a un diseño de iluminación ya establecido.

En las tablas 7 y 8 se describe la cantidad de luminarias con su tipo de potencia y estas con un valor asociado el cual fue suministrado por la oficina de alumbrado público de Bucaramanga.

#### 4.2.5 Resumen costos y gastos sin el proyecto

A continuación se totalizan en valores anuales los costos descritos en las tablas anteriores.

**Tabla 9. Resumen de costos y gastos sin proyecto**

HOJA DE COSTOS SISTEMA TELEGESTION "SIN PROYECTO"					
CANTIDAD DE LUMINARIAS ACTUALES					
LUMINARIAS ACTUALES	POTENCIA INCLUYE PERDIDAS(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)	VIDA UTIL(horas)	
LUMINARIA SODIO 250W	280	364	12	24000	
LUMINARIA SODIO 400W	441	12	12	24000	
LUMINARIA SODIO 150W RD2	170	16	24	24000	
COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES					
ENERGIA KW-H	\$ 360,00		DIAS AL AÑO ENCEDIDO	365	
COSTO MANTENIMIENTO DIARIO	\$ 150.000,00				
LUMINARIAS ACTUALES	VALOR	REPOSICIONA ANUAL	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL	VALOR TOTAL LUMINARIAS
LUMINARIA SODIO 250W	\$ 817.179	\$ 54.285.201	\$ 160.707.456	\$ 9.964.500	\$ 297.453.156
LUMINARIA SODIO 400W	\$ 1.301.822	\$ 2.850.990	\$ 8.344.426	\$ 328.500	\$ 15.621.864
LUMINARIAS SODIO 150W RD2	\$ 509.627	\$ 2.976.222	\$ 8.577.792	\$ 876.000	\$ 8.154.032
<b>TOTAL</b>		\$ 60.112.413	\$ 177.629.674	\$ 11.169.000	\$ 321.229.052
<b>COSTO TOTAL</b>	248.911.086				
<b>INVERSION INICIAL</b>	321.229.052				

### 4.3 ANALISIS CON EL PROYECTO (SISTEMA DE TELEGESTION)

A continuación se relacionan los costos asociados con el uso de tecnología led y el sistema de telegestión para el proyecto piloto de alumbrado público.

#### 4.3.1 Valor de la inversión inicial sistema de telegestión

**Tabla 10. Cantidad de Luminarias Led**

LUMINARIAS LED	POTENCIA(W)	CANTIDAD
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	95	153
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	139	165
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	208	46
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	296	12
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	103	16

**Tabla 11. Valor de la inversión inicial de luminarias led**

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	VALOR	VALOR TOTAL LUMINARIAS
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	\$ 2.364.785,00	\$ 361.812.105
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	\$ 2.364.785,00	\$ 390.189.525
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	\$ 2.364.785,00	\$ 108.780.110
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	\$ 3.368.185,00	\$ 40.418.220
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	\$ 3.066.585,00	\$ 49.065.360
<b>TOTAL</b>		\$ 950.265.320

**4.3.2 costos y Gastos de Reposición de Luminarias Led.** El sistema de telegestión acompañado de luminarias led, tiene un porcentaje mínimo de fallas del 2%<sup>3</sup>, ya que los elementos que contiene este tipo de tecnología son 98%<sup>4</sup> mejores en comparación con el sistema tradicional.

**Tabla 12. Costos y Gastos asociados a la reposición de luminarias led**

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	VALOR	REPOSCION ANUAL
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	\$ 2.364.785,00	\$ 15.847.370
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	\$ 2.364.785,00	\$ 17.090.301
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	\$ 2.364.785,00	\$ 4.764.569
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	\$ 3.368.185,00	\$ 1.770.318
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	\$ 3.066.585,00	\$ 4.298.126
<b>TOTAL</b>		\$ 43.770.684

**4.3.3 Costos del Consumo de Energía Anual con el Proyecto.** Debido al cambio de tecnología en el proyecto, se ve un cambio significativo en el consumo de energía ya que la iluminación con sistemas led trae consigo estos beneficios para el medio ambiente.

<sup>3</sup> Dato tomado por el departamento de nuevas tecnologías de alumbrado público Bucaramanga

<sup>4</sup> Ibid

**Tabla 13. Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria led**

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	\$ 16.234.142
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	\$ 25.616.102
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	\$ 10.686.499
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	\$ 3.967.229
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	\$ 3.356.482
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 59.860.453</b>

**4.3.4 Costos de Mano de Obra con el Sistema de Telegestión.** Este sistema tiene la ventaja de ser manejado desde una estación central con la aplicación de un software y los elementos que se necesitan para detectar una falla son mínimos, el personal para la operación de este proyecto se reduce significativamente.

**Tabla 14. Costo total de mano de obra con el proyecto**

MANO DE OBRA HH	CANTIDAD	VALOR/HORA	TOTAL
INGENIERO ELECTICISTA	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
COSTO MANTENIMIENTO DIARIO		\$ 50.000,00	

**4.3.5 Dimerización con el Proyecto de Telegestión.** Una vez el proyecto sea implementado tiene la ventaja de realizar reducciones en el consumo de potencia, lo que significa que habrá ahorro en el consumo de energía y menos emisiones de CO2 al medio ambiente.

**Tabla 15. Reducción de consumo de potencia con el proyecto**

LUMINARIAS LED	POTENCIA(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	95	153	5
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA(Dimerizada al 50%)	47,5	153	7
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	139	165	5
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA(Dimerizada al 50%)	69,5	165	7
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	208	46	5
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA(Dimerizada al 50%)	104	46	7
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	296	12	5
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA(Dimerizada al 50%)	148	12	7
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	103	16	7
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA (Dimerizada al 50%)	51,5	16	17

### 4.3.6 Resumen costos y gastos con el proyecto

Tabla 16. Resumen de costos y gastos con proyecto

HOJA DE COSTOS SISTEMA TELEGESTION "CON PROYECTO"						
CANTIDAD DE LUMINARIAS LED						
LUMINARIAS LED	POTENCIA(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)	VIDA UTIL(horas)		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	95	153	5	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA(Dimerizada al 50%)	47,5	153	7	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	139	165	5	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA(Dimerizada al 50%)	69,5	165	7	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	208	46	5	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA(Dimerizada al 50%)	104	46	7	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	296	12	5	100000		
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA(Dimerizada al 50%)	148	12	7	100000		
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	103	16	7	100000		
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA (Dimerizada al 50%)	51,5	16	17	100000		
COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES						
ENERGIA KW-H	\$ 360,00	DIAS AL AÑO ENCENDIDO		365		
COSTO MANTENIMIENTO DIARIO	\$ 50.000,00					
LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	VALOR	REPOSICION ANUAL	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL	VALOR TOTAL LUMINARIAS	
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,350mA	\$ 2.364.785,00	\$ 15.847.370	\$ 16.234.142	\$ 335.070,00	\$ 361.812.105	
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,500mA	\$ 2.364.785,00	\$ 17.090.301	\$ 25.616.102	\$ 361.350,00	\$ 390.189.525	
LUMINARIA TECEO2,5102,88 LEDS,700mA	\$ 2.364.785,00	\$ 4.764.569	\$ 10.686.499	\$ 100.740,00	\$ 108.780.110	
LUMINARIA TECEO2,5102,128 LEDS,700mA	\$ 3.368.185,00	\$ 1.770.318	\$ 3.967.229	\$ 26.280,00	\$ 40.418.220	
LUMINARIA FV32,5098,96 LEDS,350mA	\$ 3.066.585,00	\$ 4.298.126	\$ 3.356.482	\$ 70.080,00	\$ 49.065.360	
<b>TOTAL</b>		\$ 43.770.684	\$ 59.860.453	\$ 893.520,00	\$ 950.265.320	
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 104.524.656,4					
<b>INVERSION INICIAL</b>	\$ 950.265.320					

#### **4.4 EVALUACIÓN FINANCIERA**

A continuación se realiza la evaluación financiera para los dos escenarios, analizados en el capítulo anterior con el fin de obtener resultados concretos y criterios de decisión sobre la viabilidad del proyecto.

El modelo financiero establecido por ALUMBRADO PUBLICO considera un costo de capital para proyectos de inversión de 11%<sup>5</sup>, para los valores mostrados en miles de pesos, se considera un horizonte de 10 años donde el periodo 0 es el año actual 2014.

#### **4.5 EVALUACIÓN FINANCIERA SIN PROYECTO**

Esta evaluación financiera está hecha considerando términos corrientes sin financiación de terceros. En la siguiente tabla se presentan los indicadores para el horizonte del proyecto. Basado en los últimos datos estadísticos del Banco de la República se considera un valor del 3% en la inflación. El porcentaje de tasa de interés de 30% es un supuesto cercano a la tasa de usura actual.

En esta evaluación financiera se obtienen los datos reales que sirven para analizar la condición actual del sistema de alumbrado público con iluminación de sodio y permite realizar la evaluación con proyecto desde el aspecto incremental.

---

<sup>5</sup> Tomado de [www.alumbradopublicobga.com](http://www.alumbradopublicobga.com) intranet-departamento de infraestructura

**Tabla 17. Indicadores para evaluación financiera.**

PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
INDICADORES											
INFLACION		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
TASA DE INTERES		30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
IMPUESTOS		34%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%
DEPRECIACION TIPO II(10 AÑOS)		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
AMORTIZACION		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
INDICE DE PRECIOS	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,30

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

**Tabla 18. Flujo de caja de la situación actual sin el proyecto.**

FLUJO DE CAJA DE LA SITUACION ACTUAL (SIN EL PROYECTO) EN MILLONES DE PESOS											
PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos		23.799.600.000	24.513.588.000	25.984.403.280	28.322.999.575	31.721.759.524	36.480.023.453	43.046.427.674	52.086.177.486	64.586.860.083	82.025.312.305
-costos y gastos de operacion		248.911.086	256.378.419	271.761.124	296.219.625	331.765.980	381.530.877	450.206.435	544.749.787	675.489.736	857.871.964
-Depreciaciones/amort		32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905
+ Otros Ingresos no operacionales											
-Otros gastos no operacionales											
=UaII		23.518.566.008	24.225.086.676	25.680.519.251	27.994.657.045	31.357.870.639	36.066.369.670	42.564.098.334	51.509.304.794	63.879.247.442	81.135.317.435
-Intereses											
=UaI		23.518.566.008	24.225.086.676	25.680.519.251	27.994.657.045	31.357.870.639	36.066.369.670	42.564.098.334	51.509.304.794	63.879.247.442	81.135.317.435
-Impuestos		7.996.312.443	7.994.278.603	8.474.571.353	9.238.236.825	10.348.097.311	11.901.901.991	14.046.152.450	16.998.070.582	21.080.151.656	26.774.654.754
=U.NETA		15.522.253.566	16.230.808.073	17.205.947.898	18.756.420.220	21.009.773.328	24.164.467.679	28.517.945.884	34.511.234.212	42.799.095.786	54.360.662.682
+Depreciaciones/amort		32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905	32.122.905
-Inversiones activos no corrientes	321.229.052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Capital de trabajo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Valor terminal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Prestamos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Abonos de capital		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja neto(con financiaci3n)	(321.229.052)	15.554.376.471	16.262.930.978	17.238.070.803	18.788.543.125	21.041.896.233	24.196.590.584	28.550.068.789	34.543.357.117	42.831.218.691	54.392.785.587
VALOR PRESENTE NETO	11%	141.936.571.044									
-Prestamos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Abonos a capital		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Intereses		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Impacto tributario		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja NETO(sin financiaci3n)	(321.229.052)	15.554.376.471	16.262.930.978	17.238.070.803	18.788.543.125	21.041.896.233	24.196.590.584	28.550.068.789	34.543.357.117	42.831.218.691	54.392.785.587
VALOR PRESENTE NETO	11%	141.936.571.044									

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

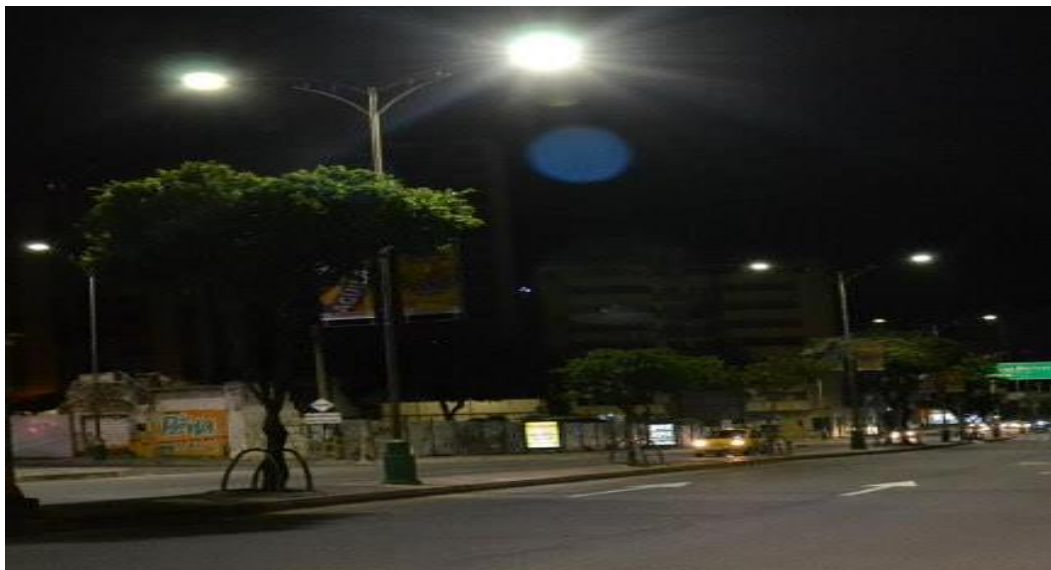
#### **4.6 EVALUACION FINANCIERA CON PROYECTO**

En este análisis se ve qué beneficios trae para la empresa de alumbrado público de Bucaramanga la implementación del proyecto con un sistema de telegestión acompañado del cambio de iluminación de sodio por iluminación led, la inversión inicial para este piloto se puede apreciar en tabla 16.

Con este proyecto se consigue ahorrar energía, optimizar la fiabilidad del alumbrado exterior y reducir costos de mantenimiento. Lo cual permite gestionar de manera eficiente la red de alumbrado público.

Se consideran términos corrientes sin financiación de terceros, en la tabla 19 se presentan los indicadores para el horizonte del proyecto. Basado en los últimos datos estadísticos del Banco de la República se considera un valor del 3% en la inflación. El porcentaje de tasa de interés de 30% es un supuesto cercano a la tasa de usura actual.

**Figura 17. Iluminación led con el sistema de telegestión**



Fuente: Alumbrado público de Bucaramanga.

**Tabla 19. Indicadores para evaluación financiera.**

PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
INDICADORES											
INFLACION		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
TASA DE INTERES		30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
IMPUESTOS		34%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%
DEPRECIACION TIPO II (10 AÑOS)		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
AMORTIZACION		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
INDICE DE PRECIOS	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,30

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

**Tabla 20. Flujo de caja con el proyecto de telegestión**

FLUJO DE CAJA DE LA SITUACION ACTUAL (CON PROYECTO) EN MILLONES DE PESOS											
PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos		23.799.600.000	24.513.588.000	25.984.403.280	28.322.999.575	31.721.759.524	36.480.023.453	43.046.427.674	52.086.177.486	64.586.860.083	82.025.312.305
-costos y gastos de operacion		104.524.656	107.660.396	114.120.020	124.390.822	139.317.720	160.215.378	189.054.146	228.755.517	283.656.841	360.244.188
-Depreciaciones/amort		95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532
+ Otros Ingresos no operacionales											
-Otros gastos no operacionales											
=UAI		23.600.048.812	24.310.901.072	25.775.256.728	28.103.582.222	31.487.415.272	36.224.781.543	42.762.346.996	51.762.395.437	64.208.176.709	81.570.041.585
-Intereses											
=UAI		23.600.048.812	24.310.901.072	25.775.256.728	28.103.582.222	31.487.415.272	36.224.781.543	42.762.346.996	51.762.395.437	64.208.176.709	81.570.041.585
-Impuestos		8.024.016.596	8.022.597.354	8.505.834.720	9.274.182.133	10.390.847.040	11.954.177.909	14.111.574.509	17.081.590.494	21.188.698.314	26.918.113.723
=U.NETA		15.576.032.216	16.288.303.718	17.269.422.008	18.829.400.088	21.096.568.232	24.270.603.634	28.650.772.487	34.680.804.943	43.019.478.395	54.651.927.862
+Depreciaciones/amort		95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532	95.026.532
-Inversiones activos no corrientes	950.265.320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Capital de trabajo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Valor terminal		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Prestamos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Abonos de capital		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja neto(con financiaciion)	(950.265.320)	15.671.058.748	16.383.330.250	17.364.448.540	18.924.426.620	21.191.594.764	24.365.630.166	28.745.799.019	34.775.831.475	43.114.504.927	54.746.954.394
<b>VALOR PRESENTE NETO</b>	<b>11%</b>	<b>142.302.132.188</b>									
-Prestamos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Abonos a capital		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Intereses		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Impacto tributario		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja NETO(sin financiaciion)	(950.265.320)	15.671.058.748	16.383.330.250	17.364.448.540	18.924.426.620	21.191.594.764	24.365.630.166	28.745.799.019	34.775.831.475	43.114.504.927	54.746.954.394
<b>VALOR PRESENTE NETO</b>	<b>11%</b>	<b>142.302.132.188</b>									

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

## 4.7 ANÁLISIS FLUJO INCREMENTAL

Tabla 21. Flujo de caja incremental

FLUJO DE CAJA INCREMENTAL EN MILLONES DE PESOS											
PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-costos y gastos de operacion	0	(144.386.430)	(148.718.023)	(157.641.104)	(171.828.804)	(192.448.260)	(221.315.499)	(261.152.289)	(315.994.270)	(391.832.894)	(497.627.776)
-Depreciaciones/amort	0	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627
+ Otros Ingresos no operacionales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Otros gastos no operacionales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=UaII	0	81.482.803	85.814.396	94.737.478	108.925.177	129.544.633	158.411.872	198.248.662	253.090.643	328.929.268	434.724.149
-Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=UaI	0	81.482.803	85.814.396	94.737.478	108.925.177	129.544.633	158.411.872	198.248.662	253.090.643	328.929.268	434.724.149
-Impuestos	0	27.704.153	28.318.751	31.263.368	35.945.308	42.749.729	52.275.918	65.422.059	83.519.912	108.546.658	143.458.969
=U.NETA	0	53.778.650	57.495.645	63.474.110	72.979.869	86.794.904	106.135.954	132.826.604	169.570.731	220.382.609	291.265.180
+Depreciaciones/amort	0	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627	62.903.627
-Inversiones activos no corrientes	629.036.268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Valor terminal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Prestamos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Abonos de capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja neto(con financiaci	(629.036.268)	116.682.277	120.399.272	126.377.737	135.883.495	149.698.531	169.039.581	195.730.230	232.474.358	283.286.236	354.168.807
VALOR PRESENTE NETO	11%	365.561.144									
-Prestamos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Abonos a capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-Impacto tributario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
=Flujo de caja NETO(sin financiaci	(629.036.268)	116.682.277	120.399.272	126.377.737	135.883.495	149.698.531	169.039.581	195.730.230	232.474.358	283.286.236	354.168.807
VALOR PRESENTE NETO	11%	365.561.144									
TIR INCREMENTAL		21%									

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

Por ser un proyecto de ampliación se realiza análisis financiero a través del valor incremental de los flujos. En las dos secciones anteriores se calcularon los flujos de caja para los dos escenarios con proyecto y sin proyecto, la diferencia entre los dos escenarios (con-sin) será el aporte del proyecto que se pretende evaluar. Los resultados de dicha diferencia se encuentran en la tabla 20.

#### 4.7.1 Análisis con-sin proyecto

**Tabla 22. Flujo de caja incremental**

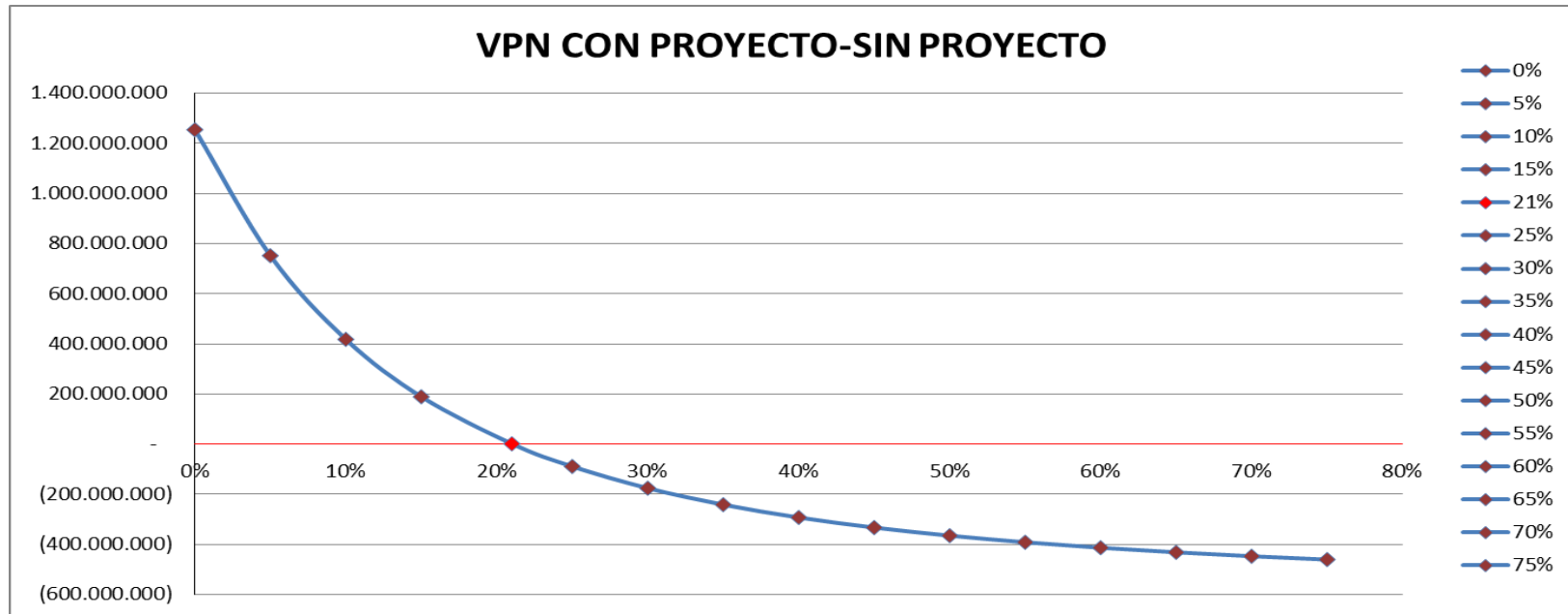
PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
CON PROYECTO	(950.265.320)	15.671.058.748	16.383.330.250	17.364.448.540	18.924.426.620	21.191.594.764	24.365.630.166	28.745.799.019	34.775.831.475	43.114.504.927	54.746.954.394
SIN PROYECTO	(321.229.052)	15.554.376.471	16.262.930.978	17.238.070.803	18.788.543.125	21.041.896.233	24.196.590.584	28.550.068.789	34.543.357.117	42.831.218.691	54.392.785.587
"CON-SIN"	(629.036.268)	116.682.277	120.399.272	126.377.737	135.883.495	149.698.531	169.039.581	195.730.230	232.474.358	283.286.236	354.168.807
VALOR PRESENTE NETO	11%	365.561.144									

Fuente: Hoja de cálculo modelo Ing. Guillermo Bustamante modificada por el autor

Se identifica un VPN positivo de \$ 365.561.144 para el horizonte del proyecto con un costo de capital del 11%.

La Gráfica 1 muestra el comportamiento del valor presente neto – VPN del proyecto a diferentes tasas de descuento. El VPN es positivo con una tasa de descuento hasta de un 21%, lo cual es un resultado positivo para el análisis de la viabilidad del proyecto.

**Gráfica 1. VPN Con - Sin**

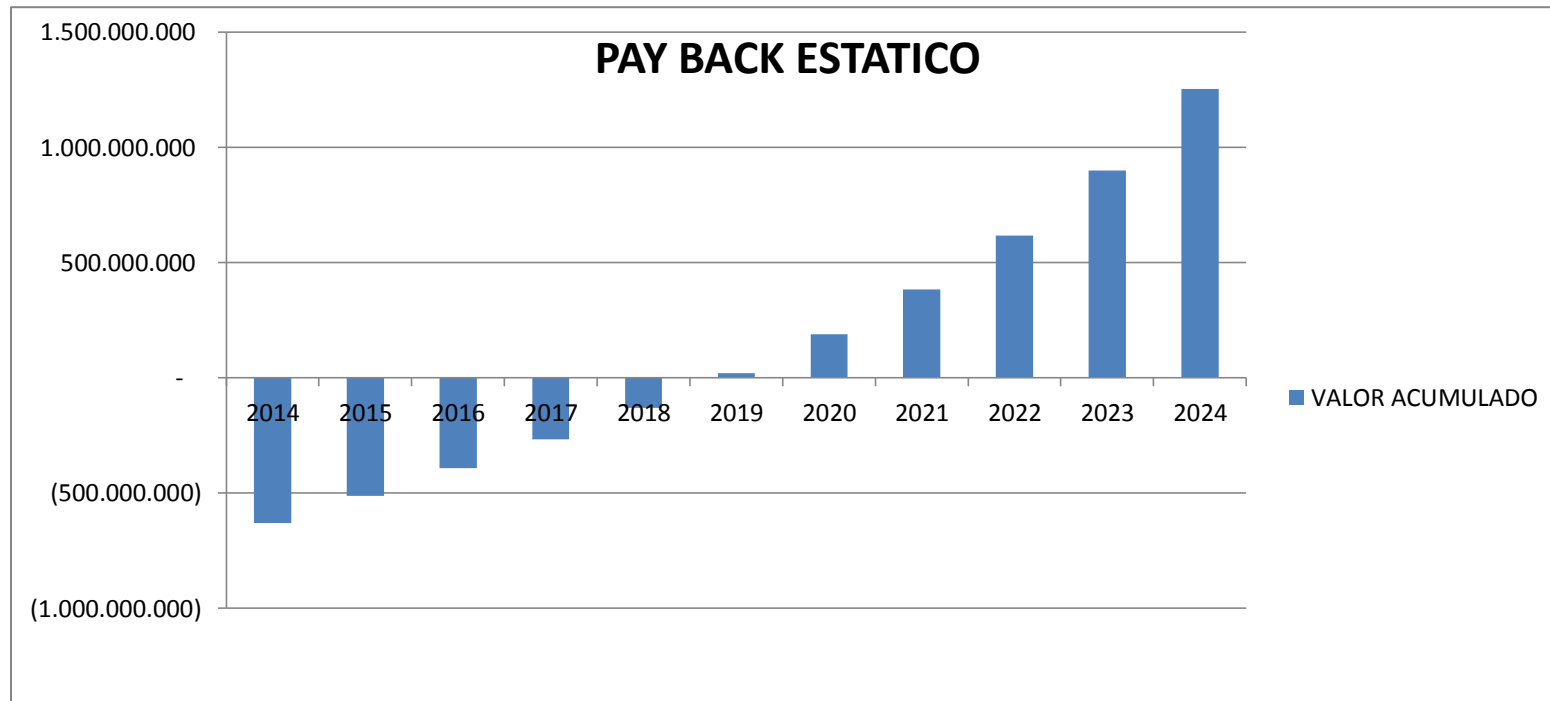


La tasa interna de retorno incremental es  $TIR = 21\%$  y es mayor que el costo de capital requerido para el proyecto del 11%. Lo que es un buen indicador de la viabilidad del proyecto así como el VPN obtenido en la sección anterior.

**Tabla 23. Flujo de caja incremental acumulado**

PERIODO >>>	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FLUJO DE CAJA INCREMENTAL	(629.036.268)	116.682.277	120.399.272	126.377.737	135.883.495	149.698.531	169.039.581	195.730.230	232.474.358	283.286.236	354.168.807
FLUJO DE CAJA INCREMENTAL.ACUM	(629.036.268)	(512.353.991)	(391.954.719)	(265.576.982)	(129.693.487)	20.005.044	189.044.626	384.774.856	617.249.214	900.535.450	1.254.704.257

**Gráfica 2. Pay Back estático.**



La recuperación de la inversión se logra obtener en el sexto periodo es decir el año 2019, posterior a este los flujos son positivos en un horizonte de más de 4 periodos.

#### 4.8 ANALISIS VERTICAL

**Tabla 24. Análisis vertical entre los periodos 2015 y 2017.**

PERIODO >>>	ANALISIS VERTICAL (SIN EL PROYECTO)			
	2015	% DEL TOTAL	2017	% DEL TOTAL
Ingresos	23.799.600.000	100%	25.984.403.280	100,00%
-costos y gastos de operacion	248.911.086	1,05%	271.761.124	1,05%
-Depreciaciones/amort	32.122.905	0,13%	32.122.905	0,12%
+ Otros Ingresos no operacionales				
-Otros gastos no operacionales				
=UAll	23.518.566.008	98,82%	25.680.519.251	98,83%
-Intereses				
=UAI	23.518.566.008	98,82%	25.680.519.251	98,83%
-Impuestos	7.996.312.443	33,60%	8.474.571.353	32,61%
=U.NETA	15.522.253.566	65,22%	17.205.947.898	66,22%
+Depreciaciones/amort	32.122.905	0,13%	32.122.905	0,12%
-Inversiones activos no corrientes				
-Capital de trabajo				
+Valor terminal				
+Prestamos				
-Abonos de capital				
PERIODO >>>	ANALISIS VERTICAL (CON EL PROYECTO)			
2015	% DEL TOTAL	2017	% DEL TOTAL	
Ingresos	23.799.600.000	100,00%	25.984.403.280	100,00%
-costos y gastos de operacion	104.524.656	0,44%	114.120.020	0,44%
-Depreciaciones/amort	95.026.532	0,40%	95.026.532	0,37%
+ Otros Ingresos no operacionales				
-Otros gastos no operacionales				
=UAll	23.600.048.812	99,16%	25.775.256.728	99,20%
-Intereses				
=UAI	23.600.048.812	99,16%	25.775.256.728	99,20%
-Impuestos	8.024.016.596	33,71%	8.505.834.720	32,73%
=U.NETA	15.576.032.216	65,45%	17.269.422.008	66,46%
+Depreciaciones/amort	95.026.532	0,40%	95.026.532	0,37%
-Inversiones activos no corrientes				
-Capital de trabajo				
+Valor terminal				
+Prestamos				
-Abonos de capital				
=Flujo de caja neto(con financiacion)	15.671.058.748	65,85%	17.364.448.540	66,83%

El análisis vertical para el periodo 2015 refleja que los costos y gastos operativos pasan del 1.05% (sin proyecto) de la cifra base (ingresos) al 0,44% (con proyecto), mostrando una reducción en unidades monetarias.

Así mismo el flujo de caja neto representa el 65,36% (sin proyecto) de los ingresos versus un 65,85% (con proyecto).

Se decidió realizar este análisis para el periodo 2017, en él se identifica que los costos y gastos de operación tienen un aumento representado en un 1.05% (sin proyecto) de la cifra base (ingresos) versus un 0,44% (con proyecto).

Esta diferencia se mantiene en el flujo de caja neto que representa el 66,34% (sin proyecto) versus un 66,83% (con proyecto).

En unidades monetarias un incremento del 0,49% = 66,34% - 66,83% en el flujo de caja neto para este proyecto representa \$127.323.576 pesos, una cifra considerable en la operación de la planta, pues corresponde casi al 13% del valor total de la inversión inicial.

## 4.9 ANALISIS HORIZONTAL

**Tabla 25. Análisis horizontal entre los periodos 2016 y 2017.**

PERIODO >>>	ANALISIS HORIZONTAL SIN EL PROYECTO			
	2016	2017	VARIACION ABSOLUTA	VARIACION RELATIVA
Ingresos	24.513.588.000	25.984.403.280	1.470.815.280	6,00%
-costos y gastos de operacion	256.378.419	271.761.124	15.382.705	6,00%
-Depreciaciones/amort	32.122.905	32.122.905	0	0,00%
+ Otros Ingresos no operacionales				
-Otros gastos no operacionales				
=UAll	24.225.086.676	25.680.519.251	1.455.432.575	6,01%
-Intereses			-	
=UAI	24.225.086.676	25.680.519.251	1.455.432.575	6,01%
-Impuestos	7.994.278.603	8.474.571.353	480.292.750	6,01%
=U.NETA	16.230.808.073	17.205.947.898	975.139.825	6,01%
+Depreciaciones/amort	32.122.905	32.122.905	0	0,00%
-Inversiones activos no corrientes				
-Capital de trabajo				
+Valor terminal				
+Prestamos				
-Abonos de capital				
=Flujo de caja neto(con financiaci3n)	16.262.930.978	17.238.070.803	975.139.825	6,00%
PERIODO >>>	ANALISIS HORIZONTAL CON EL PROYECTO			
	2016	2017	VARIACION ABSOLUTA	VARIACION RELATIVA
Ingresos	24.513.588.000	25.984.403.280	1.470.815.280	6,00%
-costos y gastos de operacion	107.660.396	114.120.020	6.459.624	6,00%
-Depreciaciones/amort	95.026.532	95.026.532	0	0,00%
+ Otros Ingresos no operacionales				
-Otros gastos no operacionales				
=UAll	24.310.901.072	25.775.256.728	1.464.355.656	6,02%
-Intereses				
=UAI	24.310.901.072	25.775.256.728	1.464.355.656	6,02%
-Impuestos	8.022.597.354	8.505.834.720	483.237.367	6,02%
=U.NETA	16.288.303.718	17.269.422.008	981.118.290	6,02%
+Depreciaciones/amort	95.026.532	95.026.532	0	0,00%
-Inversiones activos no corrientes				
-Capital de trabajo				
+Valor terminal				
+Prestamos				
-Abonos de capital				
=Flujo de caja neto(con financiaci3n)	16.383.330.250	17.364.448.540	981.118.290	5,99%

El análisis horizontal muestra para los periodos 2017 versus 2016 una variación relativa del 6% en los gastos operativos del escenario sin proyecto versus un 6% para el mismo periodo en el escenario con proyecto, lo que demuestra claramente el impacto neutral en la reducción de los gastos operativos con proyecto.

Respecto la variación absoluta de los dos periodos en los gastos operativos se muestra claramente una diferencia significativa ya que sin proyecto \$15.382.705 versus con el proyecto en el mismo periodo \$ 6.459.624, lo que demuestra un impacto en la reducción de gastos operativos.

## 5. ANALISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos planteado para este proyecto contempla la ejecución del mismo y los factores críticos que se pueden convertir en riesgos de gran peso e impacto dentro de la evaluación financiera del proyecto, por tal razón se realiza la escala de probabilidad e impacto en tiempo y costo, tolerancia, identificación de riesgos, la calificación y sensibilidad.

### 5.1 ESCALA DE PROPABILIDAD E IMPACTO EN TIEMPO Y COSTO

**Tabla 26. Escala de probabilidad**

Probabilidad		Valor Matriz
Improbable	Probabilidad de que ocurra entre 0 y 10%	1
Probable	Probabilidad de que ocurra entre 11 y 30%	2
Eventual	Probabilidad de que ocurra entre 31 y 50%	3
Frecuente	Probabilidad de que ocurra entre 51 y 70%	4
Constante	Probabilidad de que ocurra mayor a 70%	5

**Tabla 27. Escala impacto en tiempo**

Impacto Tiempo		Valor Matriz
Insignificante	$1\% < \text{Incremento tiempo general} \leq 5\%$	1
Bajo	$5\% < \text{Incremento tiempo general} \leq 15\%$	2
Medio	$15\% < \text{Incremento tiempo general} \leq 20\%$	3
Alto	$20\% < \text{Incremento tiempo general} \leq 25\%$	4
Muy alto	$\text{Incremento tiempo general} > 25\%$	5

**Tabla 28. Escala impacto en costo**

Impacto Costo		Valor Matriz
Insignificante	1% < Incremento costo general ≤ 5%	1
Bajo	5% < Incremento costo general ≤ 15%	2
Medio	15% < Incremento costo general ≤ 20%	3
Alto	20% < Incremento costo general ≤ 25%	4
Muy alto	Incremento costo general > 25%	5

## 5.2 TOLERANCIA

**Tabla 29. Tolerancia en Tiempo**

TOLERANCIA						
PROBABILIDAD	Constante 5	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Frecuente 4	Medio	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Eventual 3	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
	Probable 2	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto
	Improbable 1	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Insignificante 1	Bajo 2	Medio 3	Alto 4	Muy alto 5	
IMPACTO TIEMPO						

**Tabla 30. Tolerancia en Costo**

TOLERANCIA						
PROBABILIDAD	Constante 5	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Frecuente 4	Medio	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Eventual 3	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
	Probable 2	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto
	Improbable 1	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Insignificante 1	Bajo 2	Medio 3	Alto 4	Muy alto 5	
IMPACTO COSTOS						

**Tabla 31. Definición de Grados de Tolerancia**

Muy alto	Mayores a 16	No es tolerable, no se puede asumir un riesgo de este tipo.
Alto	Entre 10 y 15	Monitoreo continuo por un equipo especializado para el tipo de riesgo.
Medio	Entre 3 y 9	Significativo, requiere monitoreo constante.
Bajo	Entre 1 a 2	Tolerable, Solo requiere revisiones.

**Tabla 32. Ponderación de Tolerancia**

TOLERANCIA						
<b>PROBABILIDAD</b>	<b>Constante</b> 5	5	10	15	20	25
	<b>Frecuente</b> 4	4	8	12	16	20
	<b>Eventual</b> 3	3	6	9	12	15
	<b>Probable</b> 2	2	4	6	8	10
	<b>Improbable</b> 1	1	2	3	4	5
	<b>Insignificante</b> 1	<b>Bajo</b> 2	<b>Medio</b> 3	<b>Alto</b> 4	<b>Muy alto</b> 5	
	<b>IMPACTO</b>					

## 5.3 IDENTIFICACION DE RIESGOS

**Tabla 33. Identificación de riesgos**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	CAUSA
1	Fallas de diseño	Técnico	No se hace una supervisión a la etapa de diseño. La ingeniería de detalle no concuerda con las especificaciones requeridas, no cumple con las especificaciones del RETILAP - Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	El contratista de diseño no cumple con las fechas pactadas en el cronograma. No hay seguimiento y control.
3	Daños en la maquinaria	Técnico	Mala operación, falta de mantenimiento, accidentes.
4	Mala calidad de materiales	Técnico	El personal encargado de comprar no realizó un estudio adecuado en la selección del proveedor de materiales.
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	No se realiza un adecuado estudio de suelos antes de la construcción.
6	Fallas de la estructura	Técnico	Los postes de alumbrado quedan mal instalados, fallas de diseño, mala calidad de los materiales.
7	Robo de cables, bombillas y luminarias.	Sociales	Delincuencia común y organizada.
8	Problemas de orden público	Sociales	Descontento en la población, lo que puede generar paros y manifestaciones que interrumpen el normal desarrollo de la obra.
9	Falta oferta mano de obra calificada	Sociales	- Mejores oportunidades laborales fuera de la ciudad. - La mayor parte de los desempleados son profesionales que no cuentan con la experiencia para este tipo de trabajos.
10	Accidentes de tránsito	Sociales	Lluvias, personas en estado de embriaguez, imprudencias al manejar, fallas mecánicas de los vehículos.
11	Aumento en la seguridad de personas y visibilidad a los conductores de vehículos	Sociales	Mejora la visibilidad de la zona.
12	Demoras en el otorgamiento de permiso	Legal	Falta de planeación.
13	Daños en propiedad ajena	Legal	Accidentes durante el desarrollo de la obra pueden afectar las propiedades cercanas a esta.
14	Afectación de espacio público	Legal	Bloqueos en la vía durante el desarrollo de la obra.
15	Incumplimientos contrato empleados	Legal	Una mala administración de los recursos de la obra por parte del contratista.

**Tabla 34. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos**

16	Demandas laborales	Legal	Incumplimientos a lo pactado en el contrato con el personal de trabajo de la obra.
17	No hay disponibilidad de materiales	Dirección de proyectos	Retraso de proveedores, falta de un estudio de mercado.
18	Perdidas en la documentación del proyecto	Dirección de proyectos	Mala administración, falta de un profesional para la gestión documental.
19	Mayores cantidades de obra	Dirección de proyectos	Falta de planeación y de seguimiento y control de la obra.
20	Incremento en los costos	Dirección de proyectos	Imprevistos, mayores cantidades de obra, variación de la tasa de cambio.
21	Problemas de comunicaciones	Dirección de proyectos	Mala gestión de las comunicaciones, no se estableció un canal de comunicaciones efectivo.
22	Accidentes laborales	Dirección de proyectos	Falta de control HSE.
23	Abandono de obra por parte de empleados	Dirección de proyectos	Incumplimientos contractuales, mejores oportunidades laborales, enfermedades.
24	Incumplimiento del cronograma	Dirección de proyectos	Falta de Seguimiento y control.
25	Contaminación por residuos sólidos	Ambiental	Producción de residuos de mercurio, sodio y materiales de las luminarias.
26	Contaminación lumínica	Ambiental	Emisión de luz hacia el firmamento que reduce la visibilidad nocturna del firmamento en la ciudad.
27	Lluvias intensas	Ambiental	Bucaramanga se encuentra en una zona climática con gran cantidad de lluvias.
28	Movimientos sísmicos	Ambiental	Bucaramanga se encuentra es una de las regiones mas sismoactivas del territorio colombiano.
29	Reducción en los costos por consumo de	Financiero	Se tiene una menor cantidad de luminarias.
30	Reducción en los costos de mantenimiento	Financiero	Las luminarias LED tienen una mayor vida operativa que las de sodio.

**Tabla 35. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos**

DISPARADOR	RESPUESTA
Planos incompletos, sin firmas, diseñador sin matrícula profesional.	Se debe tener una póliza de garantía, la cual permita exigir correcciones al diseñador, sin que esto se traduzca en mayores costos.
No asistencia a reuniones de seguimiento de la etapa de diseño justificándose con excusas poco creíbles. Falta de informes de avance.	Se solicitara un informe de avance una vez a la semana. Si el contratista incumple regularmente se impondrá una sanción económica.
Mal funcionamiento, ruidos extraños al operar la maquinaria.	Se contara con personal capacitado en el manejo de la maquinaria a usar, con el objeto de garantizar el correcto manejo de esta. Se contara con un stock de repuestos con el objeto de tener un trabajo continuo.
Los materiales recibidos no cuentan con los certificados de calidad solicitados dentro del plan de gestión de aseguramiento de la calidad.	Devolución y cambio inmediato de los productos que no cuenten con los certificados de calidad exigidos por el sistema de gestión de la calidad.
Oscilación de los postes debido a los vientos.	Reforzar los postes para que resistan fuertes vientos y las condiciones del terreno.
Grietas en los postes de alumbrado.	Reforzar los postes para que resistan fuertes vientos y las condiciones del terreno.
Presencia en la ciudad de grupos delictivos organizados en el robo de materiales eléctricos.	Monitoreo constante de las luminarias a través del sistema de telegestión, detectando los puntos susceptibles al robo y haciendo el denuncia correspondiente a las autoridades.
Protestas por parte de la población.	Elaboración de un plan de trabajo que permita el normal desarrollo de las actividades cotidianas de la zona. Cualquier reclamo y/o queja debe ser atendido y conciliar con quien pueda verse afectado por el desarrollo del proyecto.
Demora en la contratación del personal calificado, pocas solicitudes para aplicar a los diferentes cargos disponibles.	Ofrecer una buena remuneración económica. Ofrecer capacitaciones sobre el tema con el objeto de poder contar con la fuerza laboral que no tiene la suficiente experiencia en el área.
Falta de señalización en la zona, falta de cultura ciudadana.	Señalizar la zona, establecer campañas HSE sobre la importancia de manejar con precaución.
Disminución de los índices de inseguridad de la zona.	
Retraso en el inicio de las actividades planeadas.	Establecer un listado con los permisos necesarios para el desarrollo de la obra, y asignar un equipo de trabajo para el diligenciamiento de estos con el tiempo suficiente para evitar retrasos.
Quejas y reclamos por parte de las personas dueñas de las propiedades cercanas a la obra.	Establecer un plan de seguridad para evitar posibles daños.

**Tabla 36. Continuación Tabla 31 Identificación de Riesgos**

Congestión vehicular, quejas por parte de los transeúntes de la zona.	Elaboración de un plan de trabajo que permita el normal desarrollo de las actividades cotidianas de la zona. Establecer rutas alternas para los puntos donde se deban cerrar la vía.
Retraso en los pagos.	Planeación de los recursos a utilizar. Solicitar un informe semanal que permita detectar si se van a generar atrasos antes de que suceda y buscar un acuerdo con tiempo.
Preavisos por parte de los trabajadores.	Buscar conciliación entre las partes.
Disminución de los materiales en la bodega antes de lo previsto.	Tener un listado de proveedores alternos, y en caso de falla del proveedor seleccionado poder recurrir a otro.
Desorden en las oficinas administrativas, informes mal sustentados.	Contratar a un profesional de gestión documental para que lleve el control de todos los documentos del proyecto.
Cifras de materiales por encima de lo planeado.	Planeación de los recursos a utilizar. Establecer un plan de control junto con la interventoría de la obra que permita detectar los problemas con anterioridad.
Variación de la tasa de cambio del peso colombiano respecto al dólar.	Planeación de los recursos a utilizar. Establecer un plan de control junto con la interventoría de la obra que permita detectar los problemas con anterioridad.
Información que llega tarde, correos que no se responden.	Establecer un plan de comunicaciones al principio del proyecto y socializarlo con todos los interesados.
No respeto de las normas HSE, incidentes leves.	Socializar con todos los involucrados del proyecto, desde obreros hasta los directivos, las normas HSE y la importancia del cumplimiento de estas, estableciendo las sanciones a las que pueden ser sometidos de infringir estas.
Inasistencia del personal al lugar de trabajo.	Se debe contar con un oficina administrativa que se encargue de pagar a tiempo salarios y prestaciones sociales a los trabajadores. Contar con un listado de personal competente para suplir cualquier puesto de trabajo en caso de ser necesario.
Incumplimiento de los hitos durante el desarrollo de la obra.	Un comité, que incluya representantes de la alcaldía, contratista e interventoría se encargara de hacer el seguimiento y control a cada una de las actividades del proyecto. En caso de detectar atrasos tomar las medidas necesarias para recuperar el tiempo, sea contratar mas personal, acelerar pedidos o cualquier otra que se considere conveniente.
Sanciones de parte de las autoridades competentes.	Elaboración de un plan para el manejo de los residuos sólidos, que cumpla con toda la regulación establecida por el estado colombiano.
Poca visibilidad nocturna del firmamento.	
Disminución de la temperatura, fuertes vientos, nubes oscuras.	Se deben suspender los trabajos realizados en la intemperie cuando se presenten lluvias.
	Elaboración de un plan sobre como actuar en caso de terremotos y socializarlo con todos los participantes del proyecto.

## 5.4 SEVERIDAD COSTO-TIEMPO

Tabla 37. Severidad costo-tiempo

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO	IMPACTO DE TIEMPO	SEVERIDAD TIEMPO
1	Fallas de diseño	Técnico	3	5	15	4	12
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	3	5	15	4	12
3	Daños en la maquinaria	Técnico	3	5	15	3	9
4	Mala calidad de materiales	Técnico	2	2	4	2	4
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	2	5	10	5	10
6	Fallas de la estructura	Técnico	2	5	10	5	10
7	Robo de cables, bombillas y luminarias.	Sociales	4	4	16	5	20
8	Problemas de orden público	Sociales	2	3	6	5	10
9	Falta oferta mano de obra calificada	Sociales	3	2	6	5	15
10	Accidentes de tránsito	Sociales	3	4	12	2	6
11	Aumento en la seguridad de personas y visibilidad a los conductores de vehículos	Sociales	-	-	-	-	-
12	Demoras en el otorgamiento de permisos	Legal	2	1	2	4	8
13	Daños en propiedad ajena	Legal	2	4	8	2	4
14	Afectación de espacio público	Legal	3	2	6	2	6
15	Incumplimientos contrato empleados	Legal	2	5	10	4	8
16	Demandas laborales	Legal	4	5	20	2	8
17	No hay disponibilidad de materiales	Dirección de proyectos	2	3	6	5	10
18	Perdidas en la documentación del proyecto	Dirección de proyectos	2	2	4	2	4
19	Mayores cantidades de obra	Dirección de proyectos	4	3	12	2	8
20	Incremento en los costos	Dirección de proyectos	4	3	12	2	8
21	Problemas de comunicaciones	Dirección de proyectos	3	2	6	2	6
22	Accidentes laborales	Dirección de proyectos	3	5	15	3	9
23	Abandono de obra por parte de empleados	Dirección de proyectos	4	3	12	5	20
24	Incumplimiento del cronograma	Dirección de proyectos	4	5	20	5	20
25	Contaminación por residuos sólidos	Ambiental	3	4	12	2	6
26	Contaminación lumínica	Ambiental	3	1	3	1	3
27	Lluvias intensas	Ambiental	3	3	9	5	15
28	Movimientos sísmicos	Ambiental	3	2	6	5	15
29	Reducción en los costos por consumo de energía	Financiero	-	-	-	-	-
30	Reducción en los costos de mantenimiento	Financiero	-	-	-	-	-

### 5.4.1 Ponderación de Riesgos

**Tabla 38. Riesgos que Requieren Análisis-costo**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	3	5	15
3	Daños en la maquinaria	Técnico	3	5	15
21	Accidentes laborales	Dirección de proyectos	3	5	15
10	Accidentes de tránsito	Sociales	3	4	12
18	Mayores cantidades de obra	Dirección de proyectos	4	3	12
19	Incremento en los costos	Dirección de proyectos	4	3	12
22	Abandono de obra por parte de empleados	Dirección de proyectos	4	3	12
24	Contaminación por residuos sólidos	Ambiental	3	4	12
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	2	5	10
6	Fallas de la estructura	Técnico	2	5	10
14	Incumplimientos contrato empleados	Legal	2	5	10

**Tabla 39. Riesgos que Requieren Análisis-tiempo**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO TIEMPO	SEVERIDAD TIEMPO
26	Lluvias intensas	Ambiental	3	5	15
9	Falta oferta mano de obra calificada	Sociales	3	5	15
27	Movimientos sísmicos	Ambiental	3	5	15
1	Fallas de diseño	Técnico	3	4	12
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	3	4	12
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	2	5	10
6	Fallas de la estructura	Técnico	2	5	10
8	Problemas de orden público	Sociales	2	5	10
16	No hay disponibilidad de materiales	Dirección de proyectos	2	5	10

**Tabla 40. Riesgos que Requieren Especial Atención-costo**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO	CAUSA
24	Incumplimiento del cronograma	Dirección de proyectos	4	5	20	Falta de Seguimiento y control.
7	Robo de cables, bombillas y luminarias.	Sociales	4	4	16	Delincuencia común y organizada.

**Tabla 41. Riesgos que Requieren Especial Atención-tiempo**

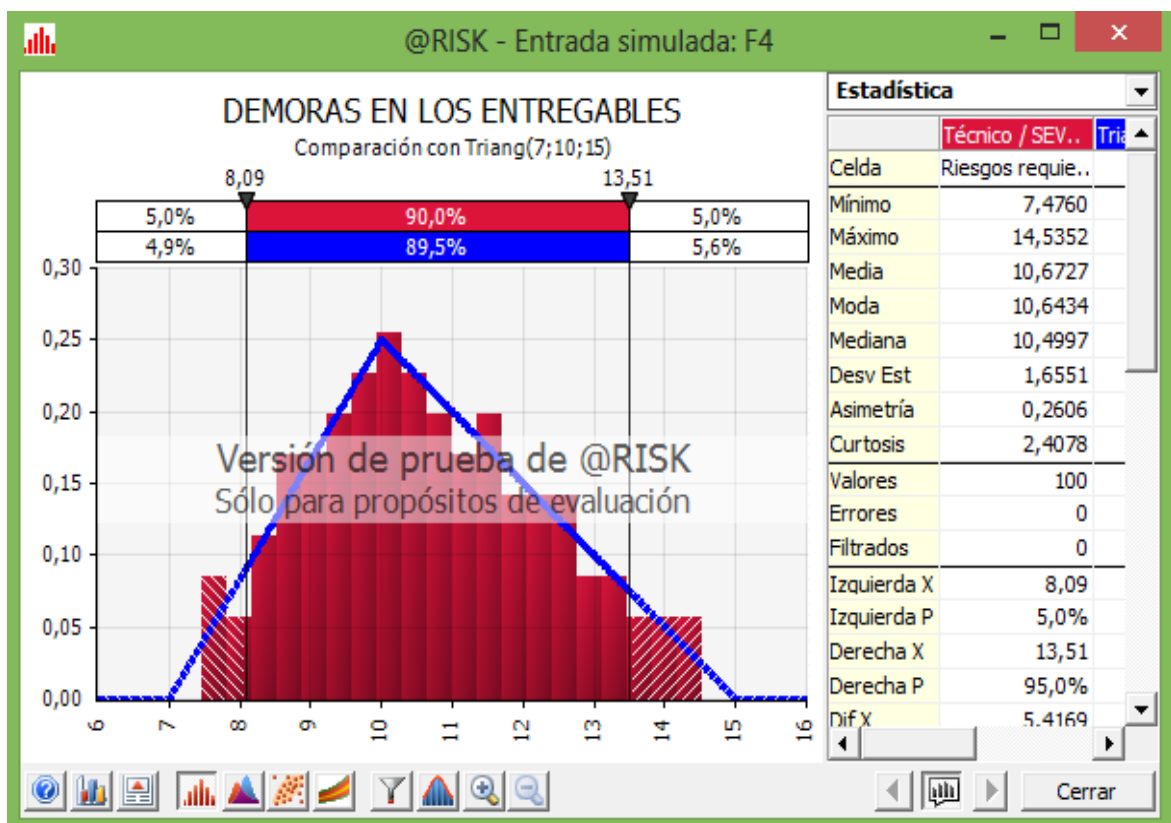
ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	PROBABILIDAD	IMPACTO TIEMPO	SEVERIDAD TIEMPO	CAUSA
24	Incumplimiento del cronograma	Dirección de proyectos	4	5	20	Falta de Seguimiento y control.
7	Robo de cables, bombillas y luminarias.	Sociales	4	5	20	Delincuencia común y organizada.
23	Abandono de obra por parte de empleados	Dirección de proyectos	4	5	20	Incumplimientos contractuales, mejores oportunidades laborales, enfermedades.

## 5.5 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.

Los riesgos con mayor severidad >15 son evaluados por medio de la herramienta @Risk.

**5.5.1 Demoras en los entregables del diseño.** La probabilidad de demoras en los entregables del diseño para el proyecto representaría más de 13 días de retraso en el proyecto con un porcentaje de ocurrencia del 90%.

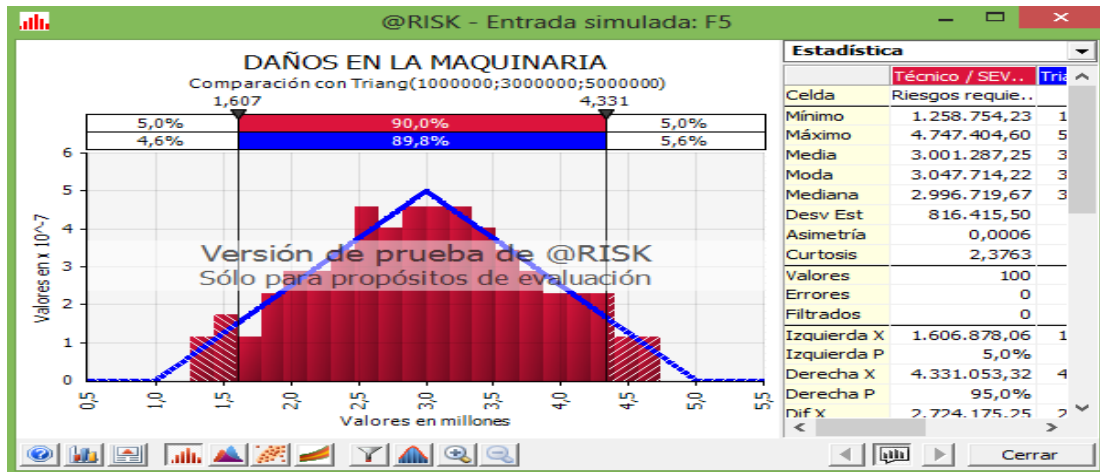
**Gráfica 3. Análisis por demoras en los entregables del diseño para el proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.2 Daños en la Maquinaria.** La probabilidad de daños en la maquinaria con un porcentaje de ocurrencia del 90% impactaría en \$ 4.300.000 adicionales en el proyecto.

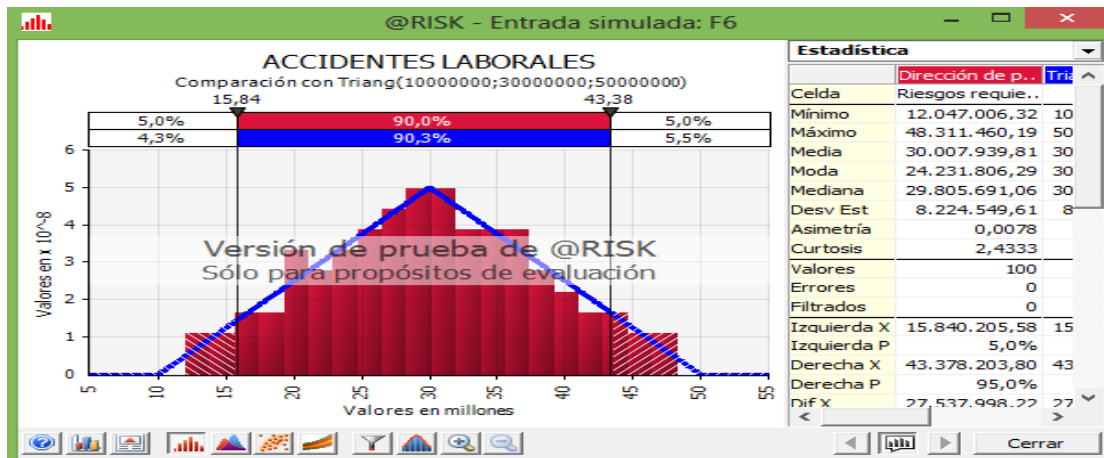
**Gráfica 4. Análisis por Daños en la Maquinaria para el Proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.3 Accidentes laborales.** La probabilidad de accidentes laborales con un porcentaje de ocurrencia del 90% impactaría en \$43.380.000 adicionales en el proyecto.

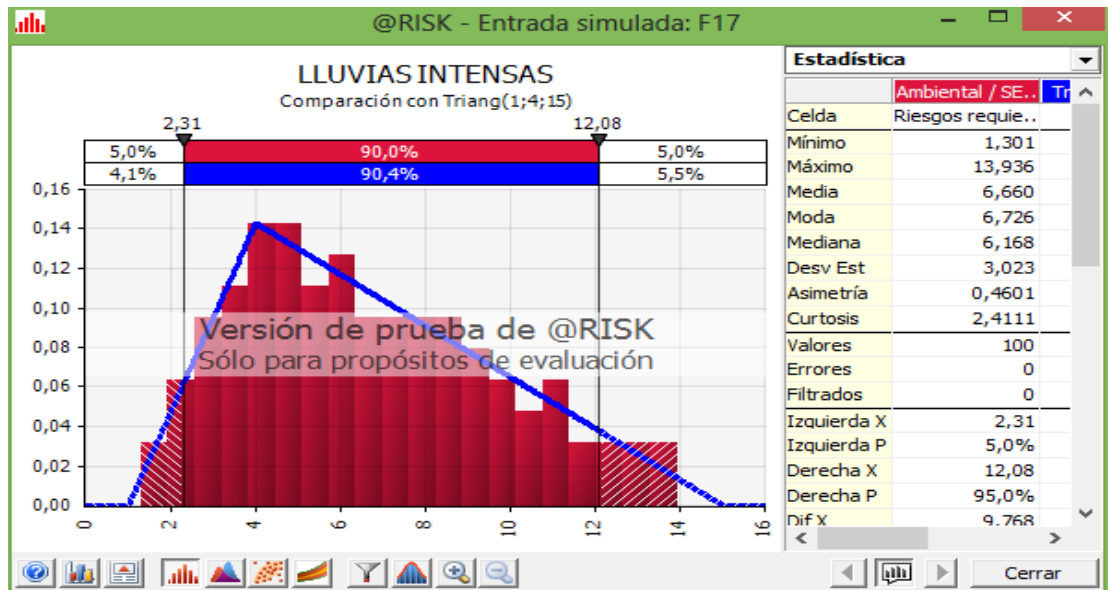
**Gráfica 5. Análisis de Accidentes Laborales para el Proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.4 Lluvias intensas.** La probabilidad de lluvias intensas con un porcentaje de ocurrencia del 90% es de 12 días que impactarían el tiempo en el proyecto.

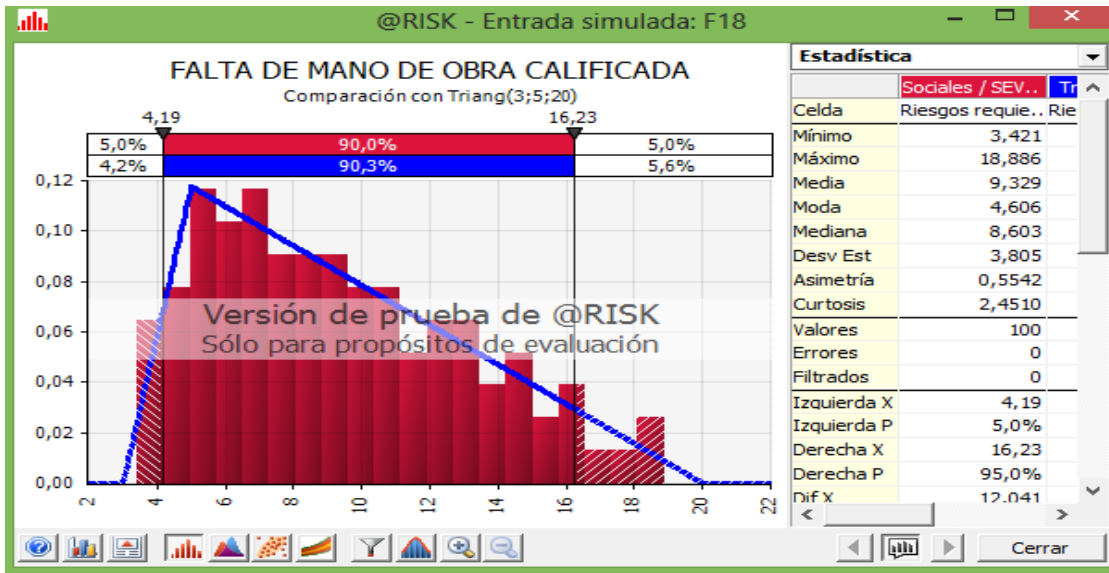
**Gráfica 6. Análisis de Lluvias Intensas para el Proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.5 Falta de mano de obra calificada.** La probabilidad de falta de mano de obra calificada con un porcentaje de ocurrencia del 90% es de más de 16 días que impactarían el tiempo en el proyecto.

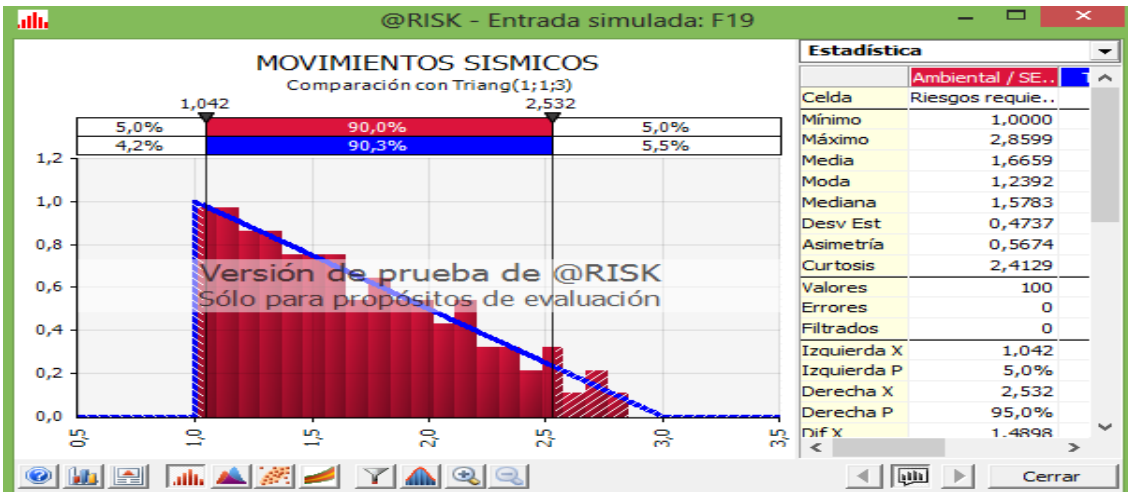
**Gráfica 7. Análisis de falta de mano de obra calificada para el proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.6 Movimientos sísmicos.** La probabilidad de movimientos sísmicos con un porcentaje de ocurrencia del 90% es de más de 2 días que impactarían el tiempo en el proyecto.

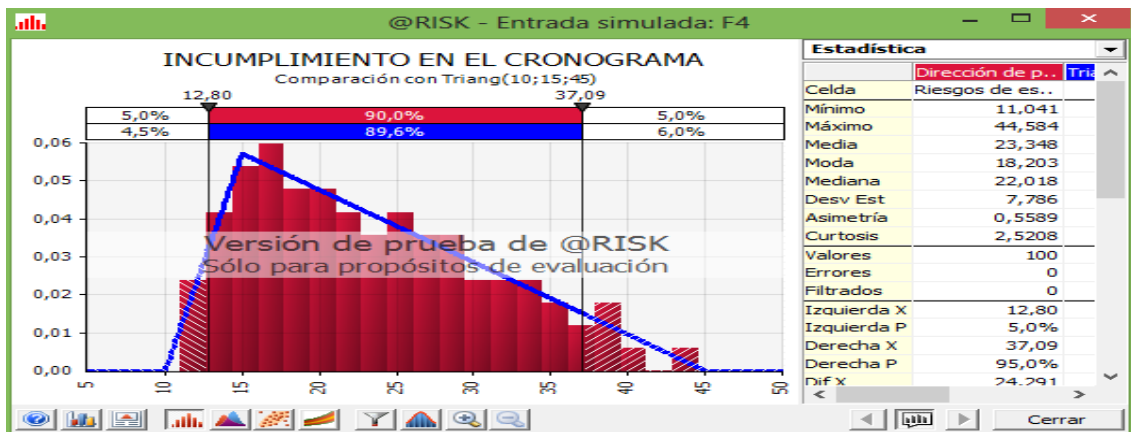
**Gráfica 8. Análisis de movimientos sísmicos para el proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.7 Incumplimiento en el cronograma.** La probabilidad de incumplimiento en el cronograma con un porcentaje de ocurrencia del 90% es de 37 días que impactarían el tiempo en el proyecto.

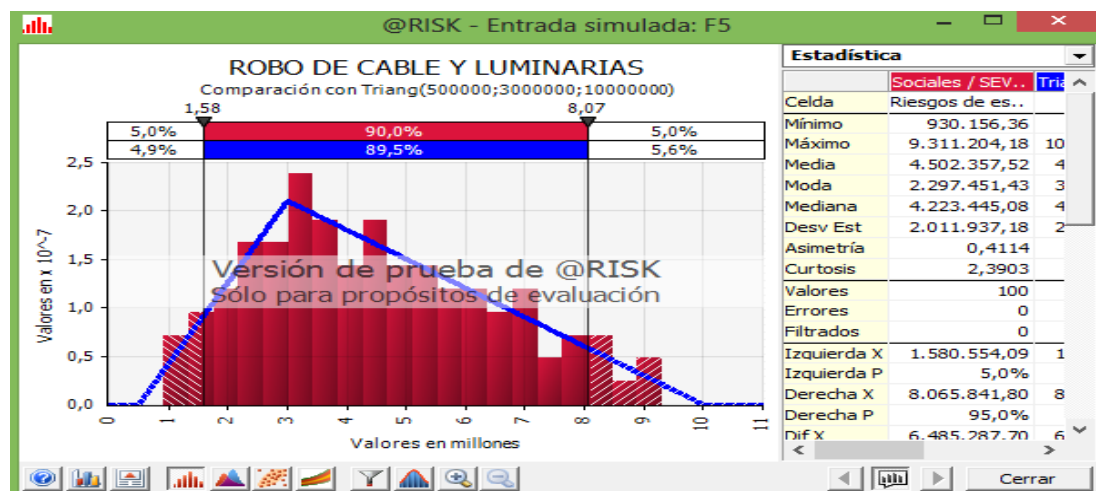
**Gráfica 9. Análisis de incumplimiento en el cronograma para el proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.8 Robo de cable y luminarias.** La probabilidad de robo de cable y luminarias con un porcentaje de ocurrencia del 90% impactaría en \$8.000.000 adicionales en el proyecto.

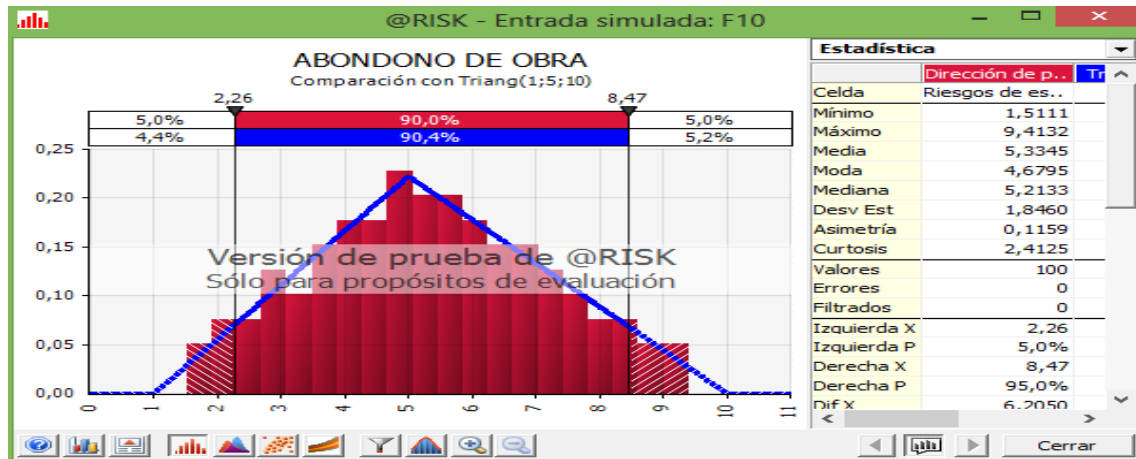
**Gráfica 10. Análisis de robo de cable y luminarias para el proyecto.**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**5.5.9 Abandono de obra.** La probabilidad de abandono de obra con un porcentaje de ocurrencia del 90% es de 8 días que impactarían el tiempo en el proyecto.

**Gráfica 11. Análisis de abandono de obra para el proyecto**



Fuente: @Risk – licencia de prueba

**Tabla 42. Riesgos que requieren análisis costo.**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	RIESGO PURO			ESTRATEGIA DE RESPUESTA	PRESUPUESTO	ACTIVIDADES	RIESGO RESIDUAL			REDUCCION EN LA EXPOSICIÓN AL RIESGO
			PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO				PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO	
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	3	5	15	Transferir	\$ 5.000.000	Se obtiene un poliza de garantía que respalde los tiempos de entrega de los avances de la ingeniería.	2	3	6	60%
3	Daños en la maquinaria	Técnico	3	5	15	Mitigar	\$ 15.000.000	Se realizará mantenimiento preventivo de los equipos utilizados.	1	4	4	73%
22	Accidentes laborales	Dirección de proyectos	3	5	15	Mitigar	\$ 75.000.000	Mayor control HSE e incrementar las capacitaciones respecto a este area.	1	3	3	80%
28	Movimientos sísmicos	Ambiental	3	5	15	Mitigar	\$ 10.000.000	Socialización del plan de acción y evacuación en caso de presentarse terremotos. Reforzar las estructuras con medidas antisísmicas.	3	2	6	60%
10	Accidentes de tránsito	Sociales	3	4	12	Mitigar	\$ 35.000.000	Señalización de la zona donde se realizó el proyecto. Se establecerán vías alternas para evitar la congestión vehicular.	1	4	4	67%
19	Mayores cantidades de obra	Dirección de proyectos	4	3	12	Mitigar	\$ 75.000.000	Revisión detallada de las cantidades con la interventoría del contrato.	2	2	4	67%
20	Incremento en los costos	Dirección de proyectos	4	3	12	Mitigar	\$ 75.000.000	Revisión detallada con la interventoría del contrato y asumir los sobrecostos si realmente se llegaran a presentar.	2	2	4	67%
23	Abandono de obra por parte de empleados	Dirección de proyectos	4	3	12	Mitigar	\$ 5.000.000	Contar con un equipo mínimo de trabajo, que sirva como respaldo en caso de que alguien abandone. Elaborar una base de datos con personal capacitado para reemplazar a cualquier trabajador.	1	2	2	83%
25	Contaminación por residuos sólidos	Ambiental	3	4	12	Mitigar	\$ 30.000.000	Establecer un plan de manejo de residuos sólidos. Capacitación al personal sobre manejo de residuos sólidos.	1	2	2	83%
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	2	5	10	Eliminar	\$ 10.000.000	Realizar un estudio de suelos y elaborar los refuerzos de los postes de acuerdo a los resultados de este.	0	3	0	100%
6	Fallas de la estructura	Técnico	2	5	10	Mitigar	\$ 10.000.000	Pruebas a las estructuras antes de entrar en funcionamiento, y si se encuentran fallas buscar las causas y corregir.	1	3	3	70%
15	Incumplimientos contrato empleados	Legal	2	5	10	Mitigar	\$ 7.000.000	Informe mensual por parte del area administrativa de los recursos utilizados, para prevenir cualquier tipo de incumplimiento.	1	3	3	70%

**Tabla 43. Riesgos que requieren análisis tiempo.**

ITEM	RIESGO	CATEGORÍA	RIESGO PURO			ESTRATEGIA DE RESPUESTA	PRESUPUESTO	ACTIVIDADES	RIESGO RESIDUAL			REDUCCION EN LA EXPOSICIÓN AL RIESGO
			PROBABILIDAD	IMPACTO TIEMPO	SEVERIDAD TIEMPO				PROBABILIDAD	IMPACTO COSTO	SEVERIDAD COSTO	
27	Lluvias intensas	Ambiental	3	5	15	Mitigar	\$ 10.000.000	Se suspenden los trabajos a la interperie por la naturaleza eléctrica de estos. Se dispone el personal para adelantar trabajo que se pueda realizar bajo techo.	2	3	6	60%
9	Falta oferta mano de obra calificada	Sociales	3	5	15	Mitigar	\$ 5.000.000	Publicación de ofertas de trabajo en las plataformas de empleo mas conocidas. Ofrecer bonos por cumplimiento de metas.	2	3	6	60%
28	Movimientos sísmicos	Ambiental	3	5	15	Mitigar	\$ 10.000.000	Socialización del plan de acción y evacuación en caso de presentarse terremotos. Reforzar las estructuras con medidas antisísmicas.	3	2	6	60%
1	Fallas de diseño	Técnico	3	4	12	Mitigar	\$ 75.000.000	Verificación de la ingeniería de detalle 3 meses antes de iniciar la construcción del proyecto por parte de un equipo seleccionado por el cliente.	1	3	3	75%
2	Demoras en los entregables de diseño	Técnico	3	4	12	Transferir	\$ 5.000.000	Se obtiene un poliza de garantía que respalde los tiempos de entrega de los avances de la ingeniería.	2	2	4	67%
5	Caída de los postes de alumbrado debido a construcción en terrenos inestables	Técnico	2	5	10	Eliminar	\$ 10.000.000	Realizar un estudio de suelos y elaborar los refuerzos de los postes de acuerdo a los resultados de este.	0	3	0	100%
6	Fallas de la estructura	Técnico	2	5	10	Mitigar	\$ 10.000.000	Pruebas a las estructuras antes de entrar en funcionamiento, y si se encuentran fallas buscar las causas y corregir.	1	3	3	70%
8	Problemas de orden público	Sociales	2	5	10	Mitigar	\$ 2.000.000	Dialogo con la comunidad alrededor del proyecto, con el objeto de acordar las condiciones de trabajo y evitar incoformidades.	1	2	2	80%
17	No hay disponibilidad de materiales	Dirección de proyectos	2	5	10	Mitigar	\$ 10.000.000	Nombrar un equipo para compras una vez aprobado el proyecto, con el objeto de que se cuente con los materiales requeridos con antelación.	1	2	2	80%

## 6. CONCLUSIONES

- La tasa interna de retorno incremental del proyecto  $TIR = 21\%$  es mayor que el costo de capital requerido para el proyecto del  $11\%$ . Este valor demuestra la viabilidad del proyecto.
- El cálculo del VPN en el flujo de caja incremental es positivo de \$ 321.561.144 para el horizonte del proyecto con un costo de capital del  $11\%$ .
- El análisis vertical refleja en los costos y gastos operativos una reducción del  $1.05\%$ (sin proyecto) al  $0.44\%$ (con proyecto), lo cual representa lo rentable que es el proyecto.
- En un sistema como el que tiene actualmente alumbrado público de Bucaramanga, implementar el uso de nuevas y modernas tecnologías en el campo del urbanismo trae un cambio radical en la lógica de intervención del sector público ya que propone la superposición de la ciudad física con una nueva ciudad virtual.
- El desarrollo de una ciudad urbótica en la cual se implementa un sistema de telegestión en alumbrado público, trae ventajas, como menores costos de mantenimiento, reducción de tiempos para la recuperación del servicio en un punto de falla y el uso racional y eficiente de la energía, lo cual hace posible el escenario de una sociedad moderna.

## 7. RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados favorables en términos técnicos y financieros del proyecto, se recomienda pasar al nivel de factibilidad, con el fin de analizar y refinar las variables e información de fuentes primarias y profundizar en la definición de las oportunidades encontradas.
- En el estudio de factibilidad se debe realizar la evaluación financiera con especialistas contadores que le den el refinamiento a la evaluación conforme a lo requerido por las normas internacionales de información financiera NIIF.
- Analizar posibles proveedores para implementar el sistema de telegestión, ya que en el proyecto se hizo mención de algunas como Philips, Schreder y Minos, pero en el mercado se encuentran más opciones con ventajas en tecnología de comunicación e iluminación.
- Por recomendación del profesor Guillermo Bustamante Álzate, director de la monografía, se realizó un cambio en el título de la monografía.

## BIBLIOGRAFÍA

ALUMBRADO PÚBLICO DE BUCARAMANGA, Disponible en:  
<http://www.alumbradopublicobga.com>

BENAVIDES, Juan, Impacto de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el Desarrollo y la Competitividad del País. FEDESARROLLO, 2011, 30 p.

BUSTAMANTE ALZATE, Guillermo. Pautas para la iniciación y planificación de proyectos de inversión en bienes de capital. Cap 22. 2008. Colombia.

COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA Y GAS (CREG). Resolución 84 de 1996. Bogotá. 1996. 5 p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, Disponible en: <http://www.minminas.gov.co>

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 2050. Primera Actualización. ICONTEC. Bogotá. 1998. 847 p.

PHILIPS, Disponible en: <http://www.philips.com>

SCHREDER, Disponible en: <http://www.schreder.com>

VARGAS LAVADO, Jhon, Manuel, estudio técnico y financiero para el reemplazo del sistema de sellado convencional por tecnología de sellos secos en el compresor centrífugo c-4251 del departamento de craqueo catalítico de la refinería de Barrancabermeja, Barrancabermeja: 2014, 109 p.