



FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE UN PROYECTO PARA EL CAMBIO DE
ILUMINACIÓN TRADICIONAL FLUORESCENTE A ILUMINACION LED EN
OFICINAS TIPO 2 DEL BANCO CAJA SOCIAL

AUTORES:

ESCOBAR MALAGON CLAUDIA PAOLA
PÉREZ MALDONADO CARLOS RICARDO
REYES RIVERO JULY MARCELA
RODRÍGUEZ LUIS EDUARDO

DOCENTE:

WILLIAM FAJARDO MORENO

BOGOTÁ, 24 DE NOVIEMBRE DE 2017

CONTENIDO

	Página
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION	7
1.1 Enunciado del problema	7
2. OBJETIVO	9
2.1 Objetivo General.....	9
2.2 Objetivos Específicos.....	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. MARCO TEÓRICO.....	12
4.1 ¿Qué es la iluminación?	12
4.2 Descripción de Luminarias	12
4.2.1 Lámparas incandescentes	12
4.2.2 Lámparas de descarga	13
4.2.2.1 Fluorescentes	13
4.2.2.2 Luz de mezcla	13
4.2.2.3 Mercurio de alta presión	14
4.2.2.4 Halogenuros metálicos	14
4.2.2.5 Sodio baja y alta presión	14
4.2.2.6 LED (Light Emitting Diode	15
4.3 Eficiencia y economía en iluminación.	16
4.4 Regulaciones de iluminación en América Latina y Europa.....	17
4.5 Normatividad Colombiana en torno a la iluminación.....	19
4.6 Evaluación de Proyectos.	23
4.6.1 Identificación de la idea	23
4.6.2 Perfil Preliminar	24
4.6.3 Estudio de pre factibilidad	24
4.6.4 Análisis Financiero del proyecto	25
4.6.4.1 Flujo de fondos	25
4.6.4.2 Costo de oportunidad (tasa de interés)	26
4.6.4.3 Valor del dinero en el tiempo	26
4.6.4.4 Flujo neto de caja total por unidad monetaria desembolsada	27
4.6.4.5 Plazo de recuperación o Payback	27

4.6.4.6 Plazo de recuperación o Payback descontado	28
4.6.4.7 Tasa de rendimiento contable	28
4.6.4.8 Valor presente neto	29
4.6.4.9 Tasa interna de retorno (TIR)	30
4.6.4.10 Relación costo – beneficio	30
5. METODOLOGÍA E HIPOTESIS.....	34
5.1 Metodología de desarrollo de la investigación	34
5.2 Hipótesis	37
6. DIAGNOSTICO ACTUAL Y COMPARACION CON LED	38
6.1 Diagnósticos.....	38
6.1.1 Estado actual de iluminación	38
6.1.2 Cálculos de consumo del estado actual y comportamiento energético.	40
6.1.3 Resumen del estado actual del sistema	47
6.2 Propuesta con iluminación LED	47
6.2.1 Estudio de requerimientos para iluminación LED.	47
6.2.2 Resumen luminarias sistema actual e inversión de la propuesta LED	49
6.2.3 Resumen del nuevo sistema con tecnología LED	51
6.3 Comparativo sistema actual Vs Propuesta LED	52
7. EVALUACION FINANCIERA	54
7.1 Cálculo del Plazo de Recuperación o Payback	56
8. ANALISIS COSTO – BENEFICIO	58
9. CONCLUSIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE FIGURAS

Página

Tabla 1. Vida útil lámparas incandescentes	12
Tabla 2. Vida útil lámparas de descarga	14
Tabla 3. Características técnicas de las diferentes tecnologías de iluminación	16
Tabla 4. Países con Guías MEPS (Estándares mínimos de Eficiencia Energética).....	18
Tabla 5. Niveles de iluminación o iluminancias y distribución de luminancias.....	21
Tabla 6. Estado actual Of Santa Lucia.....	38
Tabla 7. Estado actual Of Acacias	39
Tabla 8. Estado actual Of Gilberto Alzate	39
Tabla 9. Estado actual Av Estudiantes.....	39
Tabla 10. Estado actual Of Valledupar	40
Tabla 11. Resumen instalación actual.....	40
Tabla 12. Consumo energético Of Santa Lucia	41
Tabla 13. Consumo energético Of Acacias.....	41
Tabla 14. Consumo energético Of Gilberto Alzate	42
Tabla 15. Consumo energético Of Av estudiantes.....	42
Tabla 16. Consumo energético Of Valledupar	43
Tabla 17. Resumen precios promedios kW por oficina.	44
Tabla 18. Costo promedio de mantenimientos por zona.....	45
Tabla 19. Costo total de mantenimientos para luminarias al año	45
Tabla 20. Consumo energético y costo del sistema actual por oficina	45
Tabla 21. Estimado por reposición de iluminación actual	46
Tabla 22. Resumen del estado actual del sistema	47
Tabla 23. Propuesta de inversión LED Of Santa Lucia	48
Tabla 24. Propuesta de inversión LED Of Acacias	48
Tabla 25. Propuesta de inversión LED Of Gilberto Alzate	48
Tabla 26. Propuesta de inversión LED Av Estudiantes	48
Tabla 27. Propuesta de inversión LED Valledupar	49
Tabla 28. Resumen de inversión en instalación LED	49
Tabla 29. Resumen precios promedios kW por oficina.	50
Tabla 30. Consumo energético y costo del sistema LED por oficina	50

Tabla 31. Estimado por reposición de iluminación LED.....	51
Tabla 32. Resumen del futuro sistema LED	51
Tabla 33. Comparativo sistema actual Vs LED.....	52
Tabla 34. Resumen de consumos totales sistema actual Vs LED.....	54
Tabla 35. Inversión total sistema LED	54
Tabla 36. Proyecciones costo por reposición con IPC.....	54
Tabla 37. Proyecciones IPC por media aritmética.....	54
Tabla 38. Proyección del estado actual.....	55
Tabla 39. Proyección con iluminación LED	55
Tabla 40. Ahorros y flujo financiero del proyecto.....	55
Tabla 41. Valor presente neto y TIR de la inversión del proyecto	55
Tabla 42. Periodo de recuperación.....	57
Tabla 43. Relación costo – beneficio	58

LISTA DE TABLAS

	Página
Figura 1. Evolución demanda comercial	8
Figura 2. Tipos de Lámparas Fluorescentes	13
Figura 3. LED	15
Figura 4. Estructura general de la evaluación de proyectos.....	25
Figura 5. Consumo promedio en kW mes por oficina	43
Figura 6. Consumo energético por oficina.....	44
Figura 7. Costos totales generales, consumo y reposición.....	52
Figura 8. Flujo de inversión para el cambio de iluminación.....	56
Figura 9. VPN proyecto iluminación LED	56

1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

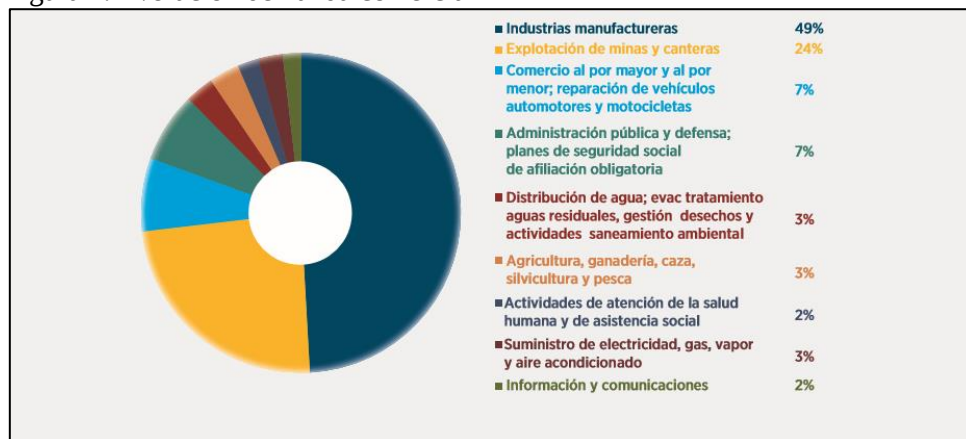
1.1 Enunciado del problema

Ante la búsqueda necesaria de ahorros energéticos por parte de las organizaciones y las comunidades a nivel global, nace la oportunidad de aportar a esta tendencia y hacer del planeta un lugar más sostenible. Hoy en día la industria y las organizaciones se enfrentan ante un dilema constante de poder seguir supliendo sus necesidades energéticas para el desarrollo de su propósito comercial sin dejar de responder al llamado de una sociedad sensibilizada por las consecuencias medioambientales ocasionadas por el uso indiscriminado de los recursos naturales y que exige a las empresas mayor innovación en sus procesos operativos para implementar soluciones energéticas amigables con el planeta.

De otro lado, se encuentra el reto de las organizaciones por lograr en todo momento la mayor eficiencia, consiguiendo sus objetivos y propósito comercial gestionando mejor sus procesos, con recursos cada vez más limitados.

En este sentido de generación de ahorros y teniendo en cuenta que en nuestro país el consumo energético se distribuye en el sector residencial con un porcentaje de participación del 43%, comercial con el 21%, industrial con el 27% y otros sectores con el 9% (UPME, 2015) el gobierno colombiano no ha sido ajena a esta problemática global y ha entrado en la cultura del ahorro de energía, estableciendo una estrategia puntual que contribuye y sigue el mismo camino de las prácticas mundiales, de crear el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, en el que se fijaron parámetros que se deben seguir cuando se realizan construcciones nuevas o modificaciones a edificaciones existentes, con el fin de establecer las condiciones técnicas mínimas de los productos y los diseños de iluminación, para alinearse con las políticas de Uso Racional de la Energía. Un aspecto claro y eficaz de la aplicación de este reglamento se expresa en el numeral 3.10.1 del RETILAP donde se establece que la comercialización en el país de bombillas incandescentes será permitida hasta el 31 de diciembre del 2010, ya que estas no cumplen con un sistema eficiente de energía. (Resolución 18054, 2010)

Figura 1. Evolución demanda comercial



Fuente. Datos obtenidos de UPME (2015,p.1)

Bajo estos parámetros, el país ha ido sustituyendo progresivamente los sistemas de iluminación tradicional, por ejemplo, en los hogares se ha venido reponiendo la iluminación incandescente por iluminación fluorescente compacta o lo que comúnmente conocemos como bombillo ahorrador, este cambio da la ventaja de un ahorro aproximado del 50% en consumos de energía (Resolución 18054, 2010). Sin embargo, actualmente la disminución en los costos de la iluminación con tecnología led ha hecho que los hogares puedan reemplazar la iluminación de descarga o bombillo ahorrado por bombillas led, llegando hasta un ahorro total en consumo energético de aproximadamente el 80 %. De la misma forma ha sucedido en el ámbito industrial y comercial, donde los ahorros son aún más representativos enfrentados con los consumos de los sistemas de iluminación actualmente instalados (Resolución 18054, 2010)

En este contexto, el Banco Caja Social, quiere unirse en el propósito de conseguir ahorros en sus operaciones diarias disminuyendo el consumo energético a través del cambio de la iluminación tradicional fluorescente instalada actualmente en sus oficinas por una tecnología de iluminación que proyecte menores consumos y bajos costos de mantenimiento. Adicionalmente se requiere enfrentar el problema súbito que representa el aumento del costo operativo de la organización y para el cual las directivas de la compañía en cabeza del presidente han solicitado se disminuya este gasto en un 25%.

Por lo anterior, el ejercicio académico que presenta esta investigación plantea respuesta a la pregunta: ¿Cuál sería la relación costo beneficio de un proyecto para el cambio de iluminación tradicional fluorescente a iluminación led en oficinas tipo 2 del banco caja social?

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo General

Determinar cuál es la relación costo beneficio de cambio de iluminación tradicional fluorescente a iluminación led en las sucursales propias Tipo 2 de Banco Caja Social a nivel nacional.

2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual respecto al consumo energético por concepto de iluminación en las sucursales propias Tipo2¹ del Banco Caja Social a nivel nacional.
- Establecer los flujos netos del proyecto para los próximos 5 años.
- Realizar la evaluación del proyecto considerando los flujos netos del proyecto.

¹ Se refiere a oficinas de dos plantas, propiedad del banco con dimensiones mayores a 500m2

3. JUSTIFICACIÓN

El mundo globalizado ha tomado conciencia de la problemática que implica el alto consumo energético que trae la simple acción de encender una bombilla. En el fondo, para encender una bombilla, existe una robusta infraestructura de generación transmisión y distribución de energía eléctrica, en cuyas fases se genera la contaminación que hoy existe a nivel global.

Según el informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo a nivel mundial se espera que la demanda de electricidad se incremente aproximadamente en un 70% de aquí al 2035, sumado a que el 90% de la generación se caracteriza por el consumo intensivo del agua, aumentando el riesgo de conflicto entre la generación de electricidad, los usuarios del agua y la afectación ambiental (WWDR, 2014). Es por esta razón, que los países han optado por implementar diferentes formas de ahorrar energía, lo que contribuye al ahorro equivalente en el uso del recurso hídrico desde los hogares hasta las grandes industrias.

En Colombia el concepto de ahorro en el consumo de energía eléctrica ha tomado mayor importancia en los últimos 10 años (UPME, 2015). El gobierno ha implementado reglamentos de obligatorio cumplimiento en cuanto a instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales, incluyendo el uso eficiente de la iluminación. Adicionalmente se han implementado programas para impulsar la conciencia de ahorro energético en las industrias y que estas puedan obtener un beneficio.

Alineado con el mundo y fundamentado en las bondades que supone la iluminación con tecnología LED en cuanto a ahorro económico y ventajas medioambientales, el Banco Caja Social aspira aportar su grano de arena para hacer del planeta un lugar más sostenible, mediante la migración de fuentes de iluminación convencional instaladas actualmente en sus sucursales propias Tipo 2 a nivel nacional a soluciones más eficientes, duraderas y con mayor tendencia en el mercado mundial y adicionalmente contribuir con los objetivos estratégicos de la organización en cuanto a la reducción en un 25% del gasto operativo para 2018.

Para optar con el cambio del sistema de iluminación, se evaluó la carga tipo de cada oficina, compuesta por el sistema de aire acondicionado (cuando aplique), el sistema de iluminación, la red regulada y la red normal. En ese orden, la carga de iluminación es una constante en todas las instalaciones eléctricas de las sucursales del Banco, siendo esta aproximadamente el 20 % de la carga total de las oficinas cuando tienen instalado el sistema de aire acondicionado y este porcentaje asciende al 60% cuando las oficinas no cuentan con el

sistema de aire.

Cambiar los sistemas de iluminación actual proyecta un beneficio inmediato para la compañía, dada la importancia que presume la iluminación LED y su implementación en el sector comercial para disminuir los costos de operación generando un ahorro a lo largo de los años y en mayores proporciones, si se decide implementar el cambio de iluminación en todas las oficinas del Banco a nivel nacional. Adicionalmente a los beneficios anteriormente mencionados, esta investigación ayudaría y aportaría a solucionar la problemática planteada por las directivas de la empresa, en cuanto las acciones que se deben tomar por parte de las diferentes áreas para reducir los costos operativos y serviría para desarrollar el mismo modelo de ahorro energético en las demás empresas que agrupa la Fundación Social, quien es la fundadora y madre del Banco Caja Social.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ¿Qué es la iluminación?

Según Sirlin (2006), arquitecta de la Universidad de Buenos Aires, se define la palabra luz como “una forma de radiación electromagnética, llamada energía radiante, capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual” (p.3), teniendo en cuenta lo anterior iluminación hace referencia al flujo luminoso que incide sobre una superficie.

4.2 Descripción de Luminarias

En el transcurso del tiempo mediante el avance de la tecnología y el descubrimiento de los nuevos modelos de generación de luz, las fabricas han desarrollado diferentes productos emisores de luz con características similares que funcionan a través de electricidad los cuales han sido comercializados a nivel mundial para diferentes segmentos de clientes, dichos desarrollos se mencionan a continuación.

4.2.1 Lámparas incandescentes

También llamada bombilla tradicional o lámpara de filamento, funciona a través de un filamento de platino encerrado en una ampolla de vidrio relleno de gas inerte que al contacto con la energía eléctrica produce luz por efecto de calentamiento (Jiménez, 1997). En la actualidad son consideradas poco eficientes, puesto que el 90% de la electricidad la transforma en calor quedando solo el 10% de aprovechamiento en luz.

Este tipo de lámpara ha evolucionado al agregar una pequeña cantidad de halógeno (Yodo o Bromo), mejorando el rendimiento y vida útil.

Tabla 1. Vida útil lámparas incandescentes

Incandescentes	Vida útil en horas	Potencia consumida por la fuente- lumen por vatio (lm/w)
No halógena	1000	10-20
Halógena	Entre 2000 y 4000	18 -22

Fuente: Elaborada por los Autores con base en datos de Garcia (2008)

4.2.2 Lámparas de descarga

Creadas alternativamente para producir luz de forma más económica y eficiente versus las incandescentes. Su luz es producida por la interacción del gas (vapor de mercurio o sodio) sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. En esta categoría existen:

4.2.2.1 *Fluorescentes*

Creadas alternativamente para producir luz de forma más económica y eficiente versus las bombillas tradicionales. Su luz es producida por la interacción del gas (vapor de mercurio o sodio) sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Las lámparas fluorescentes

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión formada por un tubo de vidrio revestido interiormente por fósforo, convirtiendo los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. La ruptura de este tipo de lámparas presenta un alto grado de envenenamiento por mercurio y presentan un alto costo la sustitución y mantenimiento, a continuación, se observa una imagen de lámparas fluorescentes que son comercializadas actualmente en el mercado.

Figura 2. Tipos de Lámparas Fluorescentes



Fuente. Datos obtenidos de Vatioled (2017,p.1)

4.2.2.2 *Luz de mezcla*

Creadas a partir de la combinación mercurio en alta presión con la lámpara incandescente con un recubrimiento fosforescente. Son eficientes en iluminación, pero su costo es alto y en caso de requerir de nuevo ser encendidas necesitará de la espera hasta su enfriamiento.(Jiménez, 1997)

4.2.2.3 Mercurio de alta presión

Se fabrican en tubos de descarga de cuarzo, relleno de vapor mercurio y para facilitar el encendido tiene dos electrodos principales. Tienen una larga vida útil, aunque no es el tipo de iluminación ideal si se quiere reproducir con exactitud los colores pues emite un color azul verdoso. Al tener mercurio, sigue constituyendo una fuente de envenenamiento en caso de ruptura. (Jiménez, 1997)

4.2.2.4 Halogenuros metálicos

Son lámparas catalogadas dentro del grupo HID (High Intensity Discharge), pues son de alta potencia, con adecuada reproducción de colores y produce además luz ultravioleta. Su uso es principalmente en alumbrado público por su amplio espectro (Jiménez, 1997)

4.2.2.5 Sodio baja y alta presión

Como su nombre lo indica, usa descargas de vapor de sodio, produce gran cantidad de lúmenes por vatio, produciendo una luz amarilla brillante.

El vapor de sodio de baja presión es más eficiente (140 lum/W) pero su capacidad cromática, es decir, su reproducción de colores reales, es muy pobre. En cuanto al vapor de sodio de alta presión, es una de las más utilizadas en alumbrado público pero su eficiencia es menor (100 lum/W) (Jiménez, 1997)

Tabla 2. Vida útil lámparas de descarga

Lámpara de descarga	Eficacia (lm/W)	Vida promedio (horas)
Fluorescentes	38-91	12500
Luz de mezcla	19-28	9000
Mercurio a alta presión	40-63	25000
Halogenuros metálicos	75-95	11000
Sodio a baja presión	100-183	23000
Sodio a alta presión	70-130	23000

Fuente. Elaborada por los Autores con base en datos de Garcia (2008)

4.2.2.6 LED (*Light Emitting Diode*)

Un LED, palabra de origen inglés (*Light Emitting Diode*) traducida como diodo emisor de luz. Es un cuerpo semiconductor sólido de gran resistencia que, al recibir una corriente eléctrica de muy baja intensidad, emite luz de forma eficiente y con alto rendimiento (Tecnología y Educación, 2012).

Los LED's poseen 4 componentes básicos de su estructura. Estos son:

- Material emisor semiconductor, montado en un chip-reflector. Este material determina el color de la luz.
- Los postes conductores (cátodo y ánodo).
- El cable conductor que une los dos polos.
- Un lente que protege al material emisor del LED y determina el haz de la luz.

A diferencia de los emisores de luz tradicionales, los LED's poseen polaridad (siendo el ánodo el terminal positivo y el cátodo el terminal negativo) por lo que funcionan únicamente al ser polarizados en directo (Tecnología y Educación, 2012). A continuación, se observa el diseño del bulbo led en diferentes colores.

Figura 3. LED



Fuente. Datos obtenidos de Luminet (2013,p.2)

Cuando la electricidad pasa a través de un diodo, los átomos de uno de los materiales (contenido en un chip-reflector) son excitados a un mayor nivel. Los átomos en el primer material retienen mucha energía y requieren liberarla. Esta energía libera electrones al segundo material dentro del chip-reflector y durante esta liberación se produce la luz. Esto da como resultado una generación de luz mucho más eficiente ya que la conversión energética se da con mucho menos pérdida en forma de calor como ocurre con bombillas incandescentes tradicionales. El color de la luz es relativa a los materiales emisores semiconductores y procesos de elaboración del chip-reflector (Tecnología y Educación, 2012)

Tabla 3. Características técnicas de las diferentes tecnologías de iluminación

Fuente de Luz	Eficacia Luminosa (lm/W)	Vida útil (h.)	Precio (\$/klm)	Potencia (W)
Incandescentes	15	1,000	\$0,6	25-100
Halógenas	12-35	2,000-4,000	\$2,5	20-50
Vapor de mercurio	40-60	12,000	\$5,76	250-700
CFL	40-65	6,000-12,000	\$2	5-20
Inducción	60-90	60,000-100,000	-	55-200
Fluorescentes	50-100	10,000-16,000	\$4	10-71
Sodio de alta presión	80-120	24,000-30,000	\$6	35-400
LED 2015	70-150	30,000-100,000	\$50	55-300
LED 2020	70-250	30,000-100,000	\$20-40	55-500

Fuente. Datos obtenidos de Vargas, Guaumán, Rodríguez y Ríos (2017,p.59)

4.3 Eficiencia y economía en iluminación.

Con el paso del tiempo los sistemas de luminarias han evolucionado también en temas de eficiencia ambiental y económica, dadas las tendencias de cuidado del medio ambiente y ahorro de recursos. En ese sentido la iluminación ha sido clave y aliada indispensable también en el ámbito empresarial y de negocios, ya que permite que todo tipo de industrias, desde las más pequeñas tiendas y oficinas, hasta las grandes fábricas y gigantescos centros comerciales, puedan llevar a cabo sus operaciones y desarrollar sus actividades económicas sin necesidad de luz solar, esto es las 24 horas del día, además de ser pieza fundamental para alimentar otro tipo de tecnologías como los computadores, teléfonos PBX, celulares, entre otros muchos.

Por ser una herramienta fundamental para el trabajo, las compañías en todo tipo de industrias buscan que los sistemas de iluminación sean cada vez más modernos, funcionales y sobre todo económicos y amigables con el ambiente. Es por esto que tecnologías como LED han incursionado con fuerza entre las favoritas por su alto nivel de eficiencia energética y baja emisión de residuos contaminantes. El cambio de luminaria fluorescente o tradicional a LED

ha permitido a quienes lo han implementado dar un gran salto en materia de eficiencia ambiental y económica debido a que puede resultar ser casi 2 veces más eficiente que una bombilla tradicional.

De acuerdo con un estudio sobre eficiencia energética desarrollado por estudiantes de la universidad de Zaragoza, ambas luminarias (tradicionales con halogenuros y LED) son equiparables en cuanto a capacidad, pero en términos de eficiencia se concluyó que con el uso de las LED se puede obtener un ahorro de energía cercano al 50%. El estudio se titula “Análisis de Ahorro Energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso” y consistió en realizar simulaciones sustituyendo luminarias con halogenuros metálicos de 400W por LED de 200W, realizando mediciones con luxómetro², lo que permitió demostrar que la tecnología LED ofrece soluciones de iluminación de alto rendimiento, haciéndola más eficiente, duradera y económica, además de reducir las emisiones de CO₂ y eliminar los residuos producidos tóxicos como el mercurio (Serrano, Martínez, Guarddon y Santolaya, 2015)

Se concluye que el ahorro a largo plazo en coste total que proporciona el cambio a tecnología LED gracias a su larga vida útil hace posible a las empresas ser más competitivas consiguiendo importantes beneficios en la reducción de costes fijos de la instalación. En el caso de una instalación con servicio continuo de 24h el periodo de amortización es inferior a dos años (Serrano et al, 2015)

4.4 Regulaciones de iluminación en América Latina y Europa

En Colombia y el mundo, además del tema de competitividad, la implementación de luminarias con tecnología LED va muy de la mano con las tendencias ambientales de la actualidad, e invita a las personas y empresas a utilizar de forma más responsable los recursos con el fin de generar menor impacto negativo en el ambiente y aprovechar de una mejor forma los recursos naturales. En tal sentido, los Gobiernos buscan reglamentar y dar una guía técnica para el diseño, instalación y uso de las luminarias públicas y privadas, tales como la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación promulgado en el año 2001 por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de energía, y posteriormente el Real Decreto 1890 de 2008, que propenden por implementar nuevas tecnologías en materia de iluminación en función de la eficiencia energética y económica

² Luxómetro: Dispositivo para medir la luminosidad, específicamente la intensidad percibida por el ojo humano. (Básica)

(Vieira, Rojas y Méndez, 2015)

Por su parte el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), publicó en 2015 su Guía E: Programas de normalización y etiquetado de eficiencia energética, el cual hace parte de la serie de guías de Eficiencia Energética que contiene ejemplos concretos de proyectos en dicha materia en los países de América Latina y a nivel mundial. En esta guía se habla de unos Estándares mínimos de Eficiencia Energética (MEPS, por su sigla en inglés) y se resalta que la iluminación concentra el mayor número de iniciativas.

Según esta guía, una de las medidas de MEPS que tiene presencia en varios países de América Latina y el Caribe es la introducción del estándar mínimo para iluminación (incandescentes y CFL) (Tabla 1.). Esto ha llevado a que en Argentina, Brasil, Chile, Ecuador y México exista la prohibición de comercializar lámparas incandescentes por su bajo nivel de eficiencia, fomentando así un mercado de iluminación más eficiente en la región (Vieira et al, 2015)

Tabla 4. Países con Guías MEPS (Estándares mínimos de Eficiencia Energética)

País	Título
Brasil	Decreto Interministerial N° 132 del 12 de junio de 2006
Chile	Resolución exenta N°60, la cual fija el estándar mínimo de eficiencia energética para focos
Ecuador	Regulación técnica RTE INEN 036: Eficiencia energética; Lámparas fluorescentes compactas. (CFL): rangos de rendimiento energético y etiquetado
México	NOM-017-ENER/SCFI-2008: Eficiencia energética de LIC; Límites y métodos de ensayo (2008).
Nicaragua	Norma Técnico Obligatorio de Nicaragua (NTON) N° 10 008-08: Eficiencia energética de CFL con balasto integrado: requerimientos de eficiencia energética (2008)

Fuente. Elaborada por los Autores, con base en datos de Vieira et al (2015)

Se resalta a nivel nacional el decreto expedido por la Presidencia de la República de Colombia, Decreto No. 3450 de 2008 que tiene como objetivo principal promover el uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción de fuentes de energía no convencionales, de manera sostenible con el medio

ambiente y los recursos naturales (Decreto 3450, 2008)

En Colombia, los requisitos técnicos y demás reglamentación aplicable a los sistemas de iluminación y alumbrado público, se encuentran consignados en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, mejor conocido como RETILAP, que fue aprobado en el año de 2009 por el Ministerio de Minas y Energía con el fin de establecer las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior en el territorio colombiano en la búsqueda por garantizar los niveles y calidad de la energía lumínica, la seguridad en el abastecimiento, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente (Resolución 180540, 2010)

4.5 Normatividad Colombiana en torno a la iluminación.

Realizar diseños de iluminación requiere un amplio conocimiento técnico, sin embargo, más allá del conocimiento técnico es primordial conocer la normatividad correspondiente para cumplir con los parámetros requeridos.

Como se menciona en el apartado anterior, en Colombia desde el año 2009 con la expedición del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) se dejan claras las reglas del juego y se habla con formalidad del tema Iluminación.

Este Reglamento Técnico (Resolución 180540, 2010), se creó para establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

El mismo Resolución 180540 (2010), establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior, y dentro de estos últimos, los de alumbrado público en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.

El reglamento igualmente es un instrumento técnico-legal para Colombia, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar que

las instalaciones, equipos y productos usados en los sistemas de iluminación interior y exterior, cumplan con los objetivos generales y específicos que se listan a continuación: (Resolución 180540, 2010)

Objetivos Principales

- a) La seguridad nacional en términos de garantizar el abastecimiento energético mediante uso de sistemas y productos que apliquen el Uso Racional de Energía
- b) La protección de la vida y la salud humana.
- c) La protección de la vida animal y vegetal.
- d) La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.
- e) La protección del Medio Ambiente

Objetivos específicos

a) Fijar las condiciones para evitar accidentes por deficiencia en los niveles de iluminación, luminancia y uniformidad en vías, vivienda, sitios de trabajo, establecimientos que presten algún servicio al público, lugares donde se concentren personas bien sea por motivos, comerciales, culturales o deportivos.

b) Establecer las condiciones para prevenir accidentes o lesiones en la salud visual causados por sistemas de iluminación deficientes.

c) Fijar las condiciones para evitar el desperdicio de iluminación en dirección de la bóveda celeste causada por mal diseño de instalaciones o ejecuciones defectuosas.

d) Establecer las condiciones para evitar alteraciones en los ciclos naturales de animales causada por desperdicio en iluminación intrusiva continua en su hábitat.

e) Establecer las condiciones para evitar daños o realización de riesgos laborales debidos a deslumbramiento causado por exceso o carencia de luz.

f) Establecer las eficacias mínimas, los valores de pérdidas y las eficiencias para algunas fuentes luminosas, balastos y luminarias.

g) Unificar parámetros y minimizar las deficiencias en los diseños de iluminación interior y exterior.

h) Establecer las responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, interventores, operadores, inspectores, propietarios y usuarios de instalaciones de iluminación, además de los fabricantes, distribuidores o importadores de materiales o equipos y las personas jurídicas relacionadas con la gestión, operación y prestación del servicio de alumbrado público.

i) Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión de datos verdaderos que no cumplen

las exigencias del Reglamento.

j) Fijar los requisitos de algunos productos destinados a iluminación, orientados a lograr su confiabilidad y compatibilidad.

k) Exigir requisitos para contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente y el aseguramiento del suministro eléctrico.

l) Fijar los requerimientos y procedimientos para demostrar la conformidad con el reglamento.

En la tabla 5, se muestran los niveles de iluminación o iluminancias y su distribución de acuerdo con el Retilap:

Tabla 5. Niveles de iluminación o iluminancias y distribución de luminancias.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Oficinas				
Oficina de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficina abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750

Fuente. Datos obtenidos de la Resolución 180540 (2010, p.7)

En cuanto a requisitos específicos de iluminación interior el Retilap (Resolución 180540, 2010) establece:

El diseño del alumbrado para un espacio destinado a realizar algún tipo de trabajo debe tener como objetivo lograr óptimas condiciones visuales en el plano de trabajo. Una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerza una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación normalmente se establece un nivel de iluminación superior, según el factor de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento del espacio. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y suelo. Razón por la cual el diseño debe definir los ciclos de mantenimiento y limpieza para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en dicho espacio, esto es lo que se llama nivel de iluminación mínimo mantenido.

Por lo anterior, el usuario deberá seguir el plan de mantenimiento y sustituir las bombillas justo antes de alcanzar el nivel mínimo de flujo, de este modo se

asegura que las tareas se puedan desarrollar según, las necesidades visuales (p.101).

Alumbrado de oficinas. En estos locales, el Retilap (Resolución 180540, 2010) menciona que las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo regular en líneas rectas. Al realizar el proyecto de iluminación de un edificio completo el emplazamiento de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas, se debe hacer el diseño de alumbrado de forma que proporcione el nivel luminoso adecuado a las salas de mayores dimensiones. La misma distribución de luminarias se podrá aplicar al resto de las salas, cualesquiera que sean sus dimensiones, siempre y cuando cumplan con los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía.

El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones de alumbrado, dado que, el número de tareas visuales es limitado y bien definido (leer, escribir, dibujar, en monitores de computador, etc.). El plano horizontal de trabajo tiene una altura entre 0,75 y 0,85 por encima del nivel del piso. La altura de techos está entre 2,8 y 3 m. (Resolución 180540, 2010)

El Reglamento técnico, Retilap (Resolución 180540, 2010), también determina los requisitos visuales para el alumbrado de oficinas, que son los siguientes:

- a) Luminarias de baja luminancia.
- b) Ausencia de reflexiones en la superficie de las mesas de trabajo y paneles brillantes.
- c) Aspecto cromático y rendimiento de color agradables.

Para satisfacer estos requisitos las oficinas podrán usar luminarias empotradas en el techo o adosadas a él, equipadas con lámparas fluorescentes. Las luminarias respecto al control de deslumbramiento podrán estar provistas de rejillas, difusores opales, cubiertas prismáticas o elementos especulares para que la instalación cumpla con los valores de UGRL establecidos en el reglamento (Resolución 180540, 2010).

Finalmente, este reglamento señala que en las oficinas se podrá hacer uso de alumbrado localizado adicional para conseguir ahorro de energía, ya sea concentrando las luminarias sobre los puestos de trabajo y zonas adyacentes. En tal caso la instalación debe diseñarse para lograr la iluminancia requerida sobre los puestos de trabajo, con menores valores sobre las zonas de circulación y de descanso, siempre respetando los valores de uniformidad mínima y deslumbramiento máximo (Resolución 180540, 2010).

4.6 Evaluación de Proyectos.

De acuerdo con el Project Management Body Of Knowledge PMBOK®, un proyecto se define como un esfuerzo temporal, único en el tiempo y no repetible bajo las mismas circunstancias, llevado a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (Institute P. M, 2013)

Antes del inicio del proyecto como lo conocemos, se requiere la realización de una serie de análisis que permitan definir su viabilidad especialmente la relacionada con el tema financiero ya que esto permitirá tener una visión 360 de las variables del proyecto y de las cifras que se esperan, lo cual permite delimitar si el objetivo es alcanzable y si es viable o no la ejecución del mismo, en términos de retorno de la inversión y rentabilidad.

Baca en su libro - Evaluación de proyectos, citado en Urbina (2001) justifica que:

Para la evaluación de proyectos lucrativos y gubernamentales se emitirán datos, opiniones, juicios de valor, prioridades etc, que harán diferir sobre la decisión final del mismo. La evaluación, aunque es parte fundamental para decidir sobre el proyecto, depende en gran medida del criterio adoptado de acuerdo con el objetivo general del proyecto (p.34).

Para la realización de la evaluación de proyectos se distinguen tres niveles como lo son: Perfil, gran visión o identificación de la idea, estos son elaborados a partir de información existente, Juicio común y la opinión que da la experiencia. El siguiente nivel se denomina Estudio de pre factibilidad ó anteproyecto el cual profundiza en investigaciones de mercado, tecnología, costos y rentabilidad los cuales son base para que los inversionistas tomen su decisión. La última etapa ya es el desarrollo definitivo del proyecto el cual generara el servicio o resultado único según se planteó desde la idea y el estudio de pre – factibilidad (Urbina, 2001)

4.6.1 Identificación de la idea

Según Miranda (2012), en su libro “Gestión de Proyectos”, define la identificación de la idea como “recopilación de la mayor cantidad de información posible sobre el sector económico y geográfico donde tendrá lugar el proyecto, lo cual permitirá establecer qué recursos serán necesarios y cómo serán las condiciones para el desarrollo del proyecto.” (p.49)

Por otro lado, Sapag, Sapag y Moreno (2008) , argumentan que la etapa de la idea identifica ordenadamente problemas que pueden resolverse y oportunidades de negocios que

puedan aprovecharse.

4.6.2 Perfil Preliminar

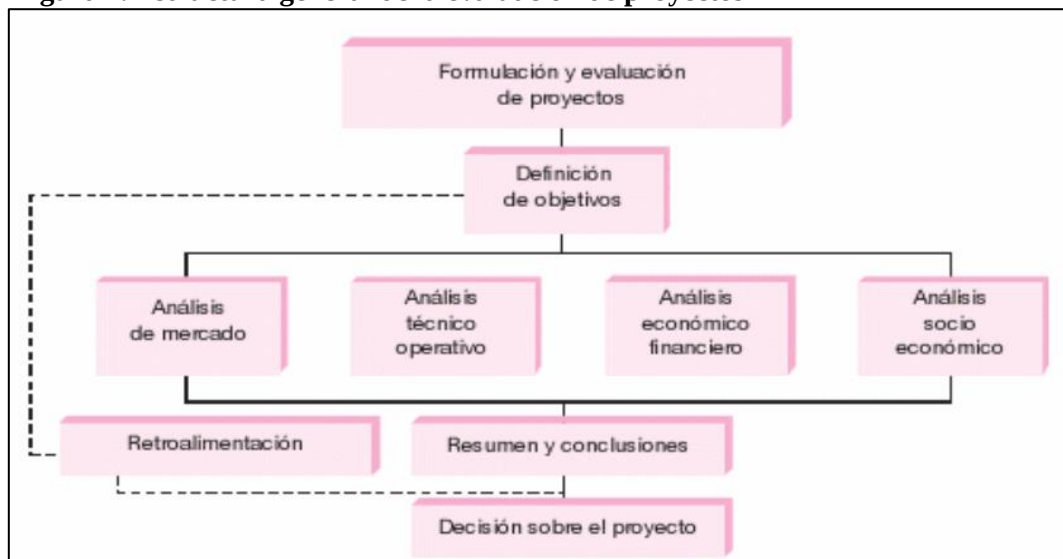
Una vez obtenida la información con los estudios previos, se deben plantear hipótesis sobre la viabilidad técnica del proyecto, tales como situación general, estudio de los propósitos del proyecto, consideraciones de orden de financiero en las que ahondaremos más adelante, y cronología de la etapa de ejecución.

Este análisis debe incluir de ser posible una arte introductoria donde se esclarezca el objetivo del proyecto, una presentación en la que se incluyan las características del sector o subsector, un resumen de las conclusiones derivadas de cada aspecto estudiado y la presentación de un estudio de mercado o necesidades, estudio técnico, estudio financiero que es en que nos centraremos y una evaluación que incluya los presupuestos de inversiones , costos e ingresos proyectados al horizonte del proyecto para estimar flujos de fondos que permitirán la aplicación de indicadores para verificar la viabilidad del proyecto (Miranda, 2012).

4.6.3 Estudio de pre factibilidad

En este estudio se incluyen con un mayor grado de detalle los aspectos técnicos, financieros, administrativos, jurídicos, institucionales y ambientales elaborados en la fase anterior, acudiendo de ser necesario a información primaria para las variantes más relevantes, todo esto con el fin de contrastar las hipótesis inicialmente planteadas. Aquí se debe incluir el estudio del entorno socioeconómico, análisis de mercado identificando las principales variables que afectan su comportamiento, seleccionando un modelo técnico adecuado, diseñando una organización para las etapas de instalación y operación, y determinando los flujos de cada derivado de los presupuestos de inversiones, costos e ingresos, y finalmente aplicando criterios de rentabilidad financiera, económica, social y ambiental, según el caso (Miranda, 2012).

Figura 4. Estructura general de la evaluación de proyectos



Fuente. Datos obtenidos de Urbina (2001,p.56)

4.6.4 Análisis Financiero del proyecto

El análisis financiero es una pieza fundamental que se debe considerar en primera instancia, y debe ser un insumo para la toma de decisión acerca de invertir o no en el proyecto. Los indicadores de viabilidad que incluye este análisis, y que veremos más adelante, ayudarán a demostrar si vale o no la pena invertir recursos (Tiempo, dinero, etc.) en él antes de dar inicio.

4.6.4.1 Flujo de fondos

Según Miranda, el primer paso para realizar la evaluación financiera de un proyecto es identificar los ingresos y egresos en el momento en que ocurren, para ello el flujo neto de caja es una herramienta muy valiosa ya que presenta en forma orgánica y sistemática cada una de las erogaciones e ingresos en efectivo registrados periodo por periodo durante el horizonte planeado del proyecto (Miranda, 2012)

El proyecto resulta viable cuando los ingresos superan a los egresos traídos a valor presente (Urbina, 2001)

A continuación, se resaltan los elementos involucrados en un flujo de caja o fondos según este autor:

- Las erogaciones o pagos producto de las inversiones iniciales, o inversiones adicionales de distintos periodos de la operación que se dan para

reponer activos desgastados o aumentar capacidad instalada.

- Los costos causados y pagados durante el ciclo de vida del proyecto Los ingresos recibidos por la venta del producto o servicio.
- Valores económicos (No contables) de los activos fijos en el momento de liquidar el proyecto.
- Los ingresos generados por la colocación de excesos de liquidez temporal en otras inversiones (Miranda, 2012,p.33)

4.6.4.2 Costo de oportunidad (tasa de interés)

Para el éxito de este análisis es importante tener en cuenta que a veces los costos de un proyecto no son fácilmente identificables, tales como el costo de oportunidad que se refiere según Miranda (2012) a la tasa de interés mínima que el inversionista le exige a un proyecto para que sea atractivo, este valor es subjetivo ya que cada interesado tiene una mirada distinta frente a la creación de valor y al riesgo dependiendo del mercado y de las condiciones que rodean el proyecto.

En términos más sencillos el costo de oportunidad o tasa de oportunidad se refiere a aquel valor descartado o dejado de lado al momento de decidir realizar la idea escogida, es decir lo que dejamos de ganar por haber seleccionado la misma. Por ejemplo, si una persona tiene dinero ahorrado y el banco le paga una tasa de 12% efectivo anual, y decide invertir este dinero en un negocio o en estudio, el costo de oportunidad aplicable a este nuevo negocio serán los intereses que dejará de percibir por haber decidido sacar el dinero del banco e invertirlo distinto.

Es importante abordar este concepto y determinar ese costo de oportunidad para hacer más exacta la evaluación del proyecto y no dejar ningún coste por fuera.

4.6.4.3 Valor del dinero en el tiempo

El valor del dinero no es constante, sino que se modifica a medida que pasa el tiempo; con esto no nos referimos al aumento de precio de un producto o servicio que se da gradualmente por efecto de la inflación o de los cambios en la economía, sino precisamente a que esos cambios producen un efecto en la moneda que da como resultado que lo que vale 1 peso o dólar hoy, no será lo mismo que valga mañana lo que se traduce en que con el paso del tiempo no nos

alcanzará para comprar lo mismo que podemos comprar hoy con él.

Según Miranda (2012) este es un concepto muy importante a tener en cuenta al realizar el análisis de una inversión, ya que ciertos factores como: la preferencia por la liquidez, la pérdida de capacidad adquisitiva del dinero, la capacidad especulativa del mismo y el riesgo, son circunstancias que hacen que el dinero tenga un valor diferencial en el tiempo, y es por esto que todos los flujos de dinero deben ser traídos a valores presentes para determinar su verdadero valor al momento de la inversión.

4.6.4.4 Flujo neto de caja total por unidad monetaria desembolsada

De acuerdo con (Medina, Correa, 2009) este indicador constituye una medida de la rentabilidad del proyecto y se calcula con la suma de todos los flujos de caja de cada inversión y dividiendo el resultado por el valor del desembolso inicial, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$r' = \frac{\sum_{t=1}^n C_t}{C_0} = \frac{1}{C_0} \sum_{t=1}^n C_t$$

Donde:

r' es el indicador / Flujo neto de caja por Unidad Monetaria Desembolsada

C_0 es el desembolso inicial

C_t es el flujo de caja de cada inversión

Según este indicador serán mejores las inversiones cuya tasa r' sea mayor. Este indicador no tiene en cuenta el momento en que se obtienen los distintos flujos de caja, lo cual se considera un inconveniente ya que el valor del dinero en el tiempo es fundamental para lograr exactitud en los análisis. (Medina & Correa, 2009)

4.6.4.5 Plazo de recuperación o Payback

Este término se refiere al tiempo que se toma el proyecto en recuperar la inversión inicial (C_0). Cuando los flujos netos no son constantes, este indicador se calcula acumulando los sucesivos flujos de caja hasta que su resultado sea igual al valor del desembolso inicial (Medina & Correa, 2009)

4.6.4.6 Plazo de recuperación o Payback descontado

Este indicador surge con el fin de evitar que se ponderen de igual forma a los flujos de caja más próximos y a los más alejados en el tiempo por causa de que el indicador de Payback normal no actualiza dichos flujos netos de caja. Se define como el número de años necesarios para que el valor actualizado del cash flow (Flujo de caja) generado hasta ese punto, sea equivalente al desembolso inicial o tamaño de la inversión. Se calcula mediante la siguiente fórmula matemática, de acuerdo con Medina & Correa (2009)

$$VPN = -A + \sum_{t=1}^p \frac{C_t}{(1+k)^t} = 0$$

Es decir:

$$A = \sum_{t=1}^p \frac{C_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

A = Payback descontado

C₀ = Costos iniciales de la nueva inversión (En negativo)

C_t = Flujos de cada de cada año

K_n = El tipo de descuento (Tasa o coste de oportunidad)

4.6.4.7 Tasa de rendimiento contable

Este indicador es conocido por el nombre “Método Contable” ya que relaciona el beneficio contable que se da anualmente, después de deducciones de amortización e impuestos, con el desembolso inicial de la inversión (Medina & Correa, 2009)

$$r' = \frac{\sum_{t=1}^n BN_t}{C_0} = \frac{1}{C_0} BN_t$$

Donde:

r' es el indicador / Tasa de Rendimiento Contable

C₀ es la Inversión inicial

BN son los beneficios netos de cada periodo.

4.6.4.8 Valor presente neto

El Valor Presente Neto o VPN corresponde a la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos (Miranda, 2012)

$$\mathbf{VPN = VPI - VPE}$$

También se puede definir como el valor actualizado de todos los rendimientos esperados, es decir el valor actual de la diferencia entre las salidas y entradas de dinero durante el horizonte de tiempo de la inversión (Medina & Correa, 2009)

De acuerdo con este autor, el VPN se calcula tomando el valor del desembolso inicial o monto inicialmente invertido (C_0), los flujos de caja de cada año (C_t), y el tipo o tasa de descuento o coste de oportunidad (K_n), así:

$$\mathbf{VPN = -C_0 + \frac{C_1}{1+k} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n} = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t}}$$

Donde:

C_0 = Costos iniciales de la nueva inversión (En negativo)

C_t = Flujos de cada de cada año

K_n = El tipo de descuento (Tasa o coste de oportunidad)

t = periodo / número de años

Este indicador es óptimo según Medina & Correa (2009) porque tiene en cuenta los vencimientos o cambio de valor en el tiempo de diferentes flujos de caja y el riesgo de la inversión futura, también permite analizar la incidencia de otras variables como la inflación, los impuestos, las amortizaciones, entre otros que afectarán en algún momento la rentabilidad del proyecto.

De acuerdo con Miranda (2012) el cálculo del VPN es muy sencillo pues se trata de aplicar una sencilla fórmula aritmética, sin embargo, lo que es verdaderamente complicado es seleccionar la tasa a utilizar de la forma más apropiada.

Se conoce que para que un proyecto sea recomendable, su VPN debe ser mayor a cero al aplicar la tasa seleccionada, así

VPN > 0 – Recomendable

VPN = 0 – Indiferente

VPN < 0 – No recomendable

Es decir que, en resumen, se recomienda hacer una inversión en determinado proyecto

cuando su VPN es mayor a cero y definitivamente no es una buena decisión invertir cuando es menor a cero.

4.6.4.9 Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de descuento o retorno que equipara el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos y permite obtener un VPN igual a 0, es decir donde el valor presente de los ingresos es igual al valor presente de los egresos. (Miranda, 2012)

$$\text{VPN} = \text{VPI} - \text{VPE} = 0$$

$$\text{VPI} = \text{VPE}$$

Según este autor, un criterio adecuado de decisión es establecer comparación entre la TIR del proyecto y el costo de oportunidad del inversionista, así:

TIR > Tasa Oportunidad - Recomendable

TIR = Tasa Oportunidad – Indiferente

TIR < Tasa Oportunidad – No Recomendable

Lo anterior indica que si la TIR es mayor a la tasa de oportunidad el proyecto es suficiente para compensar el costo de oportunidad del dinero y además produce un rendimiento adicional, por lo tanto, resulta llamativo, por el contrario, si la TIR es menor al costo de oportunidad significa que el proyecto no alcanza a compensar dicho costo y por lo tanto no es recomendable (Miranda, 2012).

4.6.4.10 Relación costo – beneficio

Para poder explicar detalladamente lo que es la relación costo beneficio, es necesario validar inicialmente los conceptos que la componen, es decir el costo/costos y el/los beneficio (s), razón por la que nos remitimos a la definición dada por Miranda (2012), así:

Los costos del proyecto constituyen el valor de los recursos utilizados en la producción del bien o en la prestación del servicio. Los beneficios son entonces el valor de los bienes y servicios generados por el proyecto (p.28).

Esto quiere decir que, si cuantificamos todos los recursos que invertimos en el proyecto, como por ejemplo capital de trabajo, terrenos, equipos, horas hombre y por supuesto dinero,

tendremos como resultado el total de los costos del proyecto, mientras que los beneficios pueden ser ganancias o utilidad recibida en el desarrollo del alcance, o bien ahorros producidos por el proyecto.

Podemos definir entonces a que la relación costo-beneficio corresponde a la cantidad de ganancias percibidas en comparación con la inversión realizada. Para utilizar una definición más profesional, nos remitiremos a la mencionada por Miranda (2012) quien afirma que la relación costo-beneficio es una técnica de evaluación genérica que se emplea para determinar la conveniencia y la oportunidad de un proyecto en varias etapas:

- Identificación y cuantificación de los costos que afectan el proyecto, tanto en forma directa como indirecta
- Determinación de los beneficios directos e indirectos que se pueden asignar al proyecto
- Diseño de las metodologías conducentes a cuantificar correctamente tanto los costos como los beneficios
- Con base en lo anterior se obtiene un registro de los valores de todos los recursos que utilizará el proyecto tanto en la etapa de instalación como en la de operación, así como el valor de los bienes o servicios, o beneficios que producirá durante la operación
- Finalmente se comparan los costos y beneficios y se establece la diferencia. Siendo aceptable para un proyecto dar como resultado que sus ingresos superen a los respectivos costos, o para el caso de este proyecto que los ahorros compensen y excedan la inversión (Miranda, 2012,p.33)

- **Identificación y cuantificación de los costos del proyecto.** Tal y como indica (Miranda, 2012) La identificación de los costos consiste en verificar qué tipo de costos afectan el proyecto y cuantificarlos, para ello es necesario realizar las siguientes pretensiones, así:

Costos “con” y “sin” el Proyecto. Únicamente es necesario tomar en cuenta los costos que es involucren como consecuencia de la decisión de hacer el proyecto, los demás costos que ya se venían causando no son pertinentes.

Costos incrementales: Es la diferencia entre los costos “con” el proyecto y los costos “sin” el proyecto.

Costos económicos y Costos no económicos: Un costo económico se caracteriza por representar el uso de la tierra, mano de obra o capital, tiene usos alternativos en distintos sectores de la economía y cuando se elige uno de ellos se renuncia a los beneficios de las otras alternativas.

Por su parte un costo no económico es aquel que se ha tenido en cuenta de otra forma e incluirlos sería una doble contabilización, por ejemplo: Los intereses pagados por el uso del

capital ajeno, pues se trata de una transferencia que hace la empresa al intermediario financiero, también están los impuestos ya que se consideran traslados de recursos del proyecto a la administración.

Costos totales. Son aquellos pertinentes al proyecto que se estiman tanto para la instalación como durante la operación del proyecto.

Externalidades. Son las repercusiones que el proyecto causa en otros entes económicos, es decir las dificultades, incomodidades o desmejoras que el proyecto puede causar en su entorno y que de una u otra forma incrementan los costos del proyecto.

Teniendo claro esto, es preciso para efectos de aplicación del criterio de evaluación de costo-beneficio, tener en cuenta lo siguiente con respecto a los costos:

- Identificar todos los costos del proyecto
- Estimar sus costos incrementales
- Excluir los elementos no económicos
- Ponderar los costos financieros del proyecto por su correspondiente costo económico para la sociedad
- Identificar y cuantificar las externalidades. (Miranda, 2012)

- **Identificación y cuantificación de los beneficios del proyecto.** Según Miranda, (2012) los beneficios son las contribuciones positivas de un proyecto encaminadas a satisfacer necesidades de la comunidad o el interesado, y su análisis se realiza en la misma forma que el análisis de costos, así:

- Identificación de todos los beneficios esperados del proyecto
- Cálculo de los beneficios incrementales
- Exclusión de los elementos no económicos de los beneficios
- Cálculo de los elementos económicos
- Estimación de efectos externos
- Suma del valor de los beneficios en cada período de instalación y operación
- Conversión de precios correctos en precios constantes
- Ponderación por sus respectivos precios o ahorros

- **Criterios de decisión del análisis costo beneficio.** El estudio de los proyectos requiere la aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas que permitan una adecuada asignación de recursos, dichos criterios se basan precisamente en la comparación entre los beneficios y los costos, bien sean directos o indirectos, externos o internos, tangibles o

intangibles, propios de cada alternativa de inversión. Una vez establecidos los flujos netos (Beneficios menos costos) se aplica la siguiente relación: (Miranda, 2012)

$$\mathbf{R\ (B/C) = \frac{VPI}{VPE}}$$

Donde:

R(B/C) = Relación Costo-Beneficio

VPI = Valor presente de los ingresos

VPE = Valor presente de los egresos

Entendido esto, Miranda (2012) concluye que este criterio de decisión permite establecer como recomendable un proyecto cuando su R(B/C) es mayor a 1, y no recomendable cuando sea negativo.

5. METODOLOGÍA E HIPOTESIS

5.1 Metodología de desarrollo de la investigación

Este proyecto tiene un enfoque de investigación mixto según Roberto Sampieri debido a que implica un proceso donde se conjuga el enfoque cuantitativo y el cualitativo, para fortalecer las debilidades que cada enfoque pueda tener y de esta forma responder al planteamiento y la solución de la problemática (Sampieri, Collado y Lucio, 2010)

Para el desarrollo de los objetivos descritos anteriormente, la investigación se desarrollará en 3 etapas, la primera etapa comprende la recolección de la información, el diagnóstico de cada oficina y la comparación de lo instalado actualmente contra los nuevos estudios fotométricos realizados para cada sucursal.

Se iniciará con la búsqueda de todo lo referente a diseños eléctricos actuales de cada oficina donde se incluyan los diseños de iluminación, los recibos de energía de cada una de las sedes para identificar los consumos energéticos y la información correspondiente a costos de mantenimiento asociada al tema eléctrico e iluminación. Toda esta información será aportada por el Banco Caja Social de manera confidencial.

Obtenida la información, se procederá a diagnosticar el estado actual de cada sede, se iniciará con el análisis detallado de los diseños de iluminación actual, donde el resultado será un inventario detallado de luminarias por cada una de las oficinas, describiendo el tipo luminaria, la cantidad de luminarias por oficina, potencia de cada una de ellas y el costo por unidad, lo anterior basado en los diseños actuales y las liquidaciones de cada obra ejecutada.

Paralelamente se debe analizar la información del Banco correspondiente al consumo de energía eléctrica de los últimos periodos en cada oficina, esto se realizará mediante los datos encontrados en los recibos de energía con los que cuenta el área de mantenimiento del Banco para cada sede. Con esta información se procederá a graficar el consumo total de la energía eléctrica consumida mes a mes para identificar el comportamiento.

Una vez realizado lo anterior, paso seguido, se identificarán las luminarias led propuestas para el cambio de iluminación tradicional fluorescente por iluminación con tecnología LED en cada una de las oficinas Tipo 2 del Banco Caja Social a nivel nacional. El Banco a su discreción escogerá las luminarias que cumplan con los parámetros estéticos y técnicos establecidas por el área de proyectos y de acuerdo con los requerimientos del área de mantenimiento en cuanto a su vida útil. En resumen, se escogerán los tipos de luminarias

aceptadas por el Banco, las cuales serán el insumo principal para el desarrollo de los nuevos estudios fotométricos.

Identificadas las luminarias led que el Banco aceptaría como propuesta para el cambio de la iluminación instalada actualmente, se inicia la etapa de nuevos diseños de iluminación sobre la arquitectura actual, esto requiere de software especializado para cálculos de iluminación. Se realizará el estudio fotométrico para cada una de las oficinas cumpliendo con los requerimientos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Este proceso será realizado por profesional especializado, quien entregará estos estudios al Banco con sus respectivos análisis de precios por unidad.

Culminado el proceso de elaboración de nuevos diseños de iluminación para cada sede, se procederá con un nuevo inventario detallado de luminarias por cada una de las oficinas, describiendo el tipo luminaria, la cantidad de luminarias por oficina, potencia de cada una de ellas y el costo por unidad entregado por el experto. Con este nuevo estudio de iluminación, se procede a la comparación con el sistema actual para identificar las diferencias energéticas y de costos en cada una de las sedes analizadas.

La etapa número dos, inicia una vez realizado el diagnóstico de la situación actual de consumo de las oficinas objeto de la investigación y la comparación con la propuesta de iluminación tipo led. Aquí se establecerán los flujos netos, realizando un comparativo en herramienta Excel que permita identificar fácilmente la proyección de los ingresos y egresos para los próximos 5 años. Como ya se ha descrito en el marco teórico, este flujo de fondos constituye para el proyecto, una de las herramientas valiosas y principales para demostrar la hipótesis que se plantea en esta investigación.

Para la creación de los flujos se requieren las siguientes variables de información, recolectadas a través de métodos cualitativos como entrevistas y análisis de documentos:

- Costo del consumo del tipo de iluminación actual
- Estimación del consumo de iluminación LED
- Valoración de cantidad y tipo de luminarias LED a instalar según las dimensiones de las oficinas objeto de estudio.
- Cotización de materia prima (luminarias LED requeridas)
- Cotización de la instalación y mano de obra
- Costos de mantenimiento
- Valor total de inversión

Identificada la cuantía de cada variable, se procede a diligenciar el cuadro comparativo aplicando en cada uno de los años que se proyectarán, los factores de incremento en relación a la inflación e impuestos. Debido a que la totalidad de los recursos que se invertirán en el proyecto son recursos propios del Banco Caja Social, no será necesario establecer valores en relación a interés ni cuotas de amortización. Obtenida la información resultante del flujo de caja se podrá dar inicio a la evaluación financiera del proyecto.

Para dicha evaluación se tomarán en cuenta 3 datos vitales, a saber: la inversión inicial (y posteriores inversiones en el caso de que aplique), los costos asociados del proyecto durante el flujo establecido, y finalmente los ahorros o recuperación de la inversión de acuerdo a las proyecciones realizadas en el simulador de Excel.

Como hemos visto, en este caso no se hablará de utilidad, rentabilidad o ganancias, sino de ahorros, ya que la inversión está destinada a lograr eficiencias en la carga de iluminación y con ello en el Opex, y no a ganar dinero o lucrar al banco directamente.

Con estos datos claros, se procederá en primer lugar a calcular el valor presente neto, es decir se traerán a valor actual los rendimientos esperados proyectados en el flujo de fondos con el fin de determinar si verdaderamente se dan ahorros o no con el cambio de tecnología en iluminación; para esto se aplicará la fórmula del VPN o VAN que se detalla a continuación:

$$VPN = -C_0 + \frac{C_1}{1+k} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n} = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

C_0 = Costos iniciales de la nueva inversión (En negativo)

C_t = Flujos de cada de cada año

K_n = El tipo de descuento (Tasa o coste de oportunidad)

Como vemos, este indicador toma cada valor en la línea de tiempo, es decir los flujos de fondo de cada año y los suma entre sí, incluida la inversión inicial que siempre va en signo negativo; a estos valores se les debe aplicar una tasa de descuento o tasa de retorno (TIR) que se determinará teniendo en cuenta que debe representar el valor descartado o dejado de lado al momento de decidir invertir en este proyecto.

En este caso para el Banco Caja Social, se podría decir que el costo de oportunidad o tasa de descuento se puede asociar con el margen de ganancia o utilidad que recibiría el dinero invertido si se hubiese dejado en el banco para ser prestado a los clientes, es decir se podría tomar la tasa de interés cobrada a los mismos. Esto, en todo caso se determinará en el momento de efectuar los análisis, previo juicio de expertos dentro del Banco.

Una vez definida la tasa, se aplica la fórmula y se procede a los análisis de los resultados donde el proyecto será recomendable cuando su VPN sea mayor a cero, teniendo en cuenta la tasa descrita en el marco teórico:

$VPN > 0$ – Recomendable

$VPN = 0$ – Indiferente

$VPN < 0$ – No recomendable

Con este ejercicio se podrá determinar entonces si realmente existe o no un ahorro.

Una vez evaluada la viabilidad de la inversión, se procede calcular cuánto tiempo tardará en llegar el retorno de la misma; para ello se realizarán análisis a través de la aplicación de la fórmula del Payback descontado sobre el valor de los ahorros, ya que como mencionamos no hay utilidades. Esto es importante para el proyecto porque nos dará un horizonte para definir en qué momento inicia realmente el ahorro, ya que, si bien habrá ahorros desde el principio, no se pueden contar como tal hasta no retornar el valor invertido.

Finalmente, la etapa tres se basa en la información financiera recolectada, y traída a valor presente tanto para los egresos o costos del proyecto, como para los ahorros después de superar el plazo de recuperación (payback), se aplica la fórmula de costo beneficio que consiste en dividir el valor presente de ingresos entre el valor presente de egresos, teniendo en cuenta que únicamente se deben tomar en cuenta aquellos costos que se involucren como consecuencia de llevar a cabo el proyecto y no los que regularmente se venían pagando. Si este indicador da como resultado 1 o más, mostrará que la relación costo – beneficio es positiva por lo tanto el proyecto es viable.

5.2 Hipótesis

El cambio de iluminación tradicional fluorescente a iluminación led en las oficinas tipo 2 del banco Caja Social, va a generar un ahorro significativo en el indicador de consumo energético actual el cual expresa la obtención de una eficiencia económica.

6. DIAGNOSTICO ACTUAL Y COMPARACION CON LED

El Banco Caja Social aportó de manera confidencial toda la información requerida para los análisis, entre ella, los diseños eléctricos actuales de cada oficina incluyendo los diseños de iluminación, recibos de energía de cada una de las sedes y la información correspondiente a costos de mantenimiento asociada al tema eléctrico e iluminación.

Para efectos de cálculo, se generaliza un tiempo de operación diaria y constante por oficina de 11 horas día, 20 días al mes.

Se realizó el diagnostico de las oficinas tipo 2 cuyos resultados serán analizados en el siguiente orden:

6.1 Diagnósticos

6.1.1 Estado actual de iluminación

La revisión de los diseños de iluminación actual da como resultado el inventario detallado de luminarias de acuerdo con las siguientes tablas donde se muestra el tipo luminaria, la cantidad de luminarias, la potencia de cada una de ellas, el costo por unidad, entre otros.

Tabla 6. Estado actual Of Santa Lucia

Oficina Santa Lucia (Cartagena)								
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)		Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Dulux (High Lights)	32	2x26	52	1,664	10000	\$ 110.000	\$ 3.520.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm	32	2x28	56	1,792	20000	\$ 550.000	\$ 17.600.000
3	Silvanya 30x120cm	10	2x32	64	0,64	20000	\$ 95.000	\$ 950.000
4	Bala ILTEC	7	2x26	52	0,364	10000	\$ 115.000	\$ 805.000
5	Hermética 30x120cm	3	2x26	52	0,156	20000	\$ 125.000	\$ 375.000
	Totales	84			4,616			\$ 23.250.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 7. Estado actual Of Acacias

Oficina Acacias (Meta)								
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)		Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Dulux (High Lights)	25	2x26	52	1,3	10000	\$ 110.000	\$ 2.750.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm (2x28 W)	3	2x28	56	0,168	20000	\$ 550.000	\$ 1.650.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm (2x54 W)	9	2x54	108	0,972	20000	\$ 550.000	\$ 4.950.000
3	Silvanya 30x120cm	15	2x32	64	0,96	20000	\$ 95.000	\$ 1.425.000
4	Bala ILTEC	7	2x26	52	0,364	10000	\$ 115.000	\$ 805.000
5	Hermética 30x120cm	7	2x26	52	0,364	20000	\$ 125.000	\$ 875.000
	Totales	66			4,128			\$ 12.455.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 8. Estado actual Of Gilberto Alzate

Oficina Gilberto Alzate (Manizales)								
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)		Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Dulux (High Lights)	14	2x26	52	0,728	10000	\$ 110.000	\$ 1.540.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm	12	2x28	56	0,672	20000	\$ 550.000	\$ 6.600.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm (2x54 W)	7	2x54	108	0,756	20000	\$ 550.000	\$ 3.850.000
3	Silvanya 30x120cm	9	2x32	64	0,576	20000	\$ 95.000	\$ 855.000
4	Bala ILTEC	2	2x26	52	0,104	10000	\$ 115.000	\$ 230.000
5	Hermética 30x120cm	3	2x26	52	0,156	20000	\$ 125.000	\$ 375.000
6	Tortuga (2x26 W)	5	2x26	52	0,26	20000	\$ 125.000	\$ 625.000
	Totales	52			3,252			\$ 14.075.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 9. Estado actual Av Estudiantes

Oficina Avenida Estudiantes (Santa Marta)								
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)		Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Dulux (High Lights)	16	2x26	52	0,832	10000	\$ 110.000	\$ 1.760.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm	25	2x28	56	1,4	20000	\$ 550.000	\$ 13.750.000
3	Silvanya 30x120cm	14	2x32	64	0,896	20000	\$ 95.000	\$ 1.330.000
4	Bala ILTEC	6	2x26	52	0,312	10000	\$ 115.000	\$ 690.000
5	Hermética 30x120cm	4	2x26	52	0,208	20000	\$ 125.000	\$ 500.000
	Totales	65			3,648			\$ 18.030.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 10. Estado actual Of Valledupar

Oficina Valledupar								
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)		Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Dulux (High Lights)	43	2x26	52	2,236	10000	\$ 110.000	\$ 4.730.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm	14	2x28	56	0,784	20000	\$ 550.000	\$ 7.700.000
2	Cooper Lighting 60x120 cm (2x54 W)	11	2x54	108	1,188	20000	\$ 550.000	\$ 6.050.000
3	Silvanya 30x120cm	33	2x32	64	2,112	20000	\$ 95.000	\$ 3.135.000
4	Bala ILTEC	7	2x26	52	0,364	10000	\$ 115.000	\$ 805.000
5	Hermética 30x120cm	5	2x26	52	0,26	20000	\$ 125.000	\$ 625.000
	Totales	113			6,944			\$ 23.045.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 11. Resumen instalación actual

Descripción	Cantidad ó Valor
Cantidad Luminarias sistema iluminacion actual (Un)	380
Potencia Total Instalada del Sistema de iluminacion Actual (kW)	22,588
Valor total de elementos del sistema actual instalado (\$)	\$ 90.855.000

Fuente. Elaborada por los Autores

Según el diagnóstico realizado anteriormente, se identifica que para las oficinas analizadas se instalaron un total de 380 luminarias que aportan 22,588 kW de potencia instalada en las oficinas tipo 2 del Banco Caja Social lo que en su momento representó una inversión \$90.855.000 pesos.

6.1.2 Cálculos de consumo del estado actual y comportamiento energético.

Se procede al cálculo de la tarifa promedio de energía eléctrica y a la identificación del comportamiento del consumo basado en los datos facturados de los últimos periodos, cada tarifa será calculada por oficina debido que los lugares en las cuales se encuentran ubicadas y los proveedores de servicio para dichos lugares específicos son diferentes, es decir, el precio del kW suministrado en Bogotá por Codensa no cuesta lo mismo que el precio del kW suministrado en Cartagena por Electricaribe.

Tabla 12. Consumo energético Of Santa Lucia

Oficina Santa Lucia (Cartagena) - Discriminación Consumo						
Fecha Recibo	Mes	Año	Mes de Consumo	Consumo en kWh	Total Tarifa kWh (\$)	Total a Pagar Consumo (\$)
5/02/2016	1	2016	Enero	7280	\$ 517,04	\$ 3.764.051
5/03/2016	2	2016	Febrero	8720	\$ 545,06	\$ 4.752.923
5/04/2016	3	2016	Marzo	7800	\$ 549,65	\$ 4.287.270
5/05/2016	4	2016	Abril	5560	\$ 558,86	\$ 3.107.262
6/06/2016	5	2016	Mayo	8280	\$ 536,40	\$ 4.441.392
5/07/2016	6	2016	Junio	9440	\$ 519,42	\$ 4.903.325
5/08/2016	7	2016	Julio	14480	\$ 493,27	\$ 7.142.550
5/09/2016	8	2016	Agosto	14440	\$ 503,77	\$ 7.274.439
5/10/2016	9	2016	Septiembre	12640	\$ 497,80	\$ 6.292.192
6/11/2016	10	2016	Octubre	14680	\$ 510,04	\$ 7.487.387
5/12/2016	11	2016	Noviembre	10920	\$ 498,65	\$ 5.445.258
8/01/2017	12	2017	Diciembre	8600	\$ 517,50	\$ 4.450.500
5/02/2017	13	2017	Enero	12960	\$ 520,84	\$ 6.750.086
5/03/2017	14	2017	Febrero	11240	\$ 462,55	\$ 5.199.062
5/04/2017	15	2017	Marzo	10680	\$ 482,08	\$ 5.148.614
5/05/2017	16	2017	Abril	9640	\$ 516,90	\$ 4.982.916
5/06/2017	17	2017	Mayo	11040	\$ 512,21	\$ 5.654.798
5/07/2017	18	2017	Junio	11000	\$ 486,90	\$ 5.355.900
6/08/2017	19	2017	Julio	11360	\$ 463,80	\$ 5.268.768
Promedio \$ kW/h					\$ 510,14	

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 13. Consumo energetico Of Acacias

Oficina Acacias - Discriminación Consumo						
Fecha Recibo	Mes	Año	Mes de Consumo	Consumo en kWh	Total Tarifa kWh (\$)	Total a Pagar Consumo (\$)
18/03/2016	1	2016	Febrero	4903	\$ 590,33	\$ 2.894.378
18/04/2016	2	2016	Marzo	4650	\$ 595,30	\$ 2.768.126
18/05/2016	3	2016	Abril	4590	\$ 592,62	\$ 2.720.126
17/06/2016	4	2016	Mayo	4320	\$ 548,27	\$ 2.368.518
7/07/2016	5	2016	Junio	3780	\$ 576,80	\$ 2.180.319
18/08/2016	6	2016	Julio	3600	\$ 579,29	\$ 2.085.437
18/09/2016	7	2016	Agosto	4320	\$ 577,16	\$ 2.493.348
19/10/2016	8	2016	Septiembre	4500	\$ 573,92	\$ 2.582.658
17/11/2016	9	2016	Octubre	4440	\$ 591,30	\$ 2.625.372
20/12/2016	10	2016	Noviembre	4710	\$ 589,78	\$ 2.777.845
18/01/2017	11	2017	Diciembre	4290	\$ 594,04	\$ 2.548.414
18/02/2017	12	2017	Enero	4290	\$ 597,44	\$ 2.563.035
18/03/2017	13	2017	Febrero	5070	\$ 601,33	\$ 3.048.753
19/04/2017	14	2017	Marzo	4680	\$ 601,24	\$ 2.813.784
17/05/2017	15	2017	Abril	4770	\$ 600,71	\$ 2.865.377
16/06/2017	16	2017	Mayo	4500	\$ 592,73	\$ 2.667.276
17/07/2017	17	2017	Junio	4530	\$ 598,40	\$ 2.710.770
17/08/2017	18	2017	Julio	4350	\$ 605,18	\$ 2.632.550
Promedio \$ kW/h					\$ 589,21	

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 14. Consumo energético Of Gilberto Alzate

OficinaGilberto Alzate (Manizales) - Discriminación Consumo						
Fecha Recibo	Mes	Año	Mes de Consumo	Consumo en kWh	Total Tarifa kWh (\$)	Total a Pagar Consumo (\$)
5/02/2016	1	2016	Enero	2314	\$ 598,50	\$ 1.384.929
5/03/2016	2	2016	Febrero	1985	\$ 599,70	\$ 1.190.405
5/04/2016	3	2016	Marzo	1679	\$ 603,14	\$ 1.012.672
5/05/2016	4	2016	Abril	1986	\$ 615,24	\$ 1.221.867
6/06/2016	5	2016	Mayo	2228	\$ 590,09	\$ 1.314.721
5/07/2016	6	2016	Junio	2308	\$ 600,10	\$ 1.385.031
5/08/2016	7	2016	Julio	2009	\$ 598,08	\$ 1.201.543
5/09/2016	8	2016	Agosto	2116	\$ 587,13	\$ 1.242.367
5/10/2016	9	2016	Septiembre	1135	\$ 585,24	\$ 664.247
6/11/2016	10	2016	Octubre	1467	\$ 604,60	\$ 886.948
5/12/2016	11	2016	Noviembre	1518	\$ 609,12	\$ 924.644
23/01/2017	12	2016	Diciembre	1397	\$ 613,30	\$ 856.780
22/02/2017	1	2017	Enero	1816	\$ 586,60	\$ 1.065.266
23/03/2017	2	2017	Febrero	1379	\$ 603,10	\$ 831.675
20/04/2017	3	2017	Marzo	2027	\$ 610,30	\$ 1.237.078
19/05/2017	4	2017	Abril	2004	\$ 606,40	\$ 1.215.226
21/06/2017	5	2017	Mayo	2116	\$ 601,00	\$ 1.271.716
19/07/2017	6	2017	Junio	2278	\$ 593,70	\$ 1.352.449
6/08/2017	19	2017	Julio	2354	\$ 598,70	\$ 1.409.340
Promedio \$ kW/h					\$ 600,21	

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 15. Consumo energético Of Av estudiantes

Oficina Av. Estudiantes (Santa Marta) - Discriminación Consumo						
Fecha Recibo	Mes	Año	Mes de Consumo	Consumo en kWh	Total Tarifa kWh (\$)	Total a Pagar Consumo (\$)
5/02/2016	1	2016	Enero	7098	\$ 488,54	\$ 3.467.685
5/03/2016	2	2016	Febrero	5896	\$ 481,56	\$ 2.839.278
5/04/2016	3	2016	Marzo	6111	\$ 478,56	\$ 2.924.480
5/05/2016	4	2016	Abril	6029	\$ 464,28	\$ 2.799.144
6/06/2016	5	2016	Mayo	5180	\$ 489,00	\$ 2.533.020
5/07/2016	6	2016	Junio	6580	\$ 486,36	\$ 3.200.249
5/08/2016	7	2016	Julio	6060	\$ 492,07	\$ 2.981.956
5/09/2016	8	2016	Agosto	5976	\$ 491,77	\$ 2.938.829
5/10/2016	9	2016	Septiembre	6898	\$ 485,80	\$ 3.351.021
6/11/2016	10	2016	Octubre	5578	\$ 486,04	\$ 2.711.109
5/12/2016	11	2016	Noviembre	6178	\$ 486,65	\$ 3.006.511
8/01/2017	12	2017	Diciembre	6228	\$ 481,50	\$ 2.998.782
5/02/2017	13	2017	Enero	6213	\$ 484,84	\$ 3.012.286
5/03/2017	14	2017	Febrero	6687	\$ 462,55	\$ 3.093.085
5/04/2017	15	2017	Marzo	6019	\$ 482,08	\$ 2.901.615
5/05/2017	16	2017	Abril	6135	\$ 516,90	\$ 3.171.182
5/06/2017	17	2017	Mayo	5520	\$ 472,97	\$ 2.610.783
5/07/2017	18	2017	Junio	6080	\$ 486,90	\$ 2.960.352
6/08/2017	19	2017	Julio	6160	\$ 463,80	\$ 2.857.008
Promedio Kw					\$ 483,27	

Fuente. Elaborada por los Autores

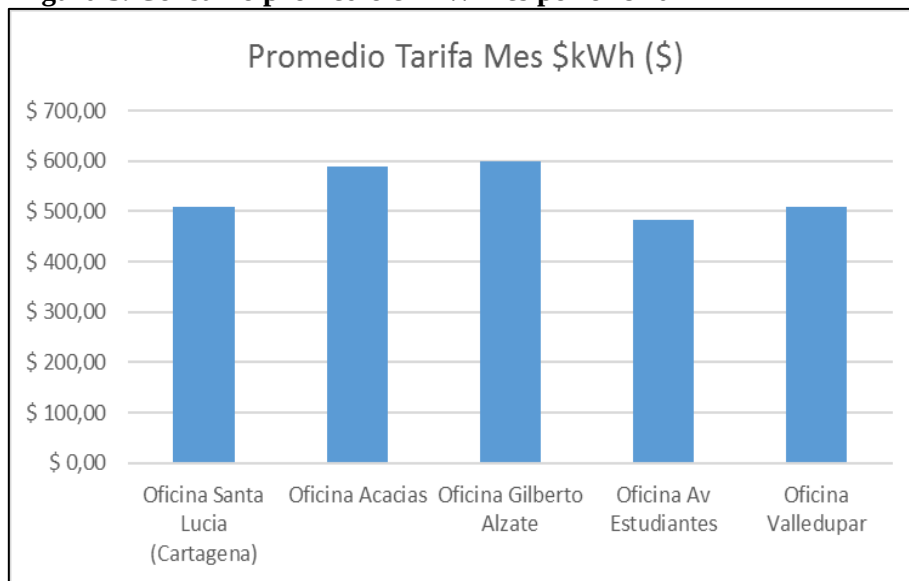
Tabla 16. Consumo energético Of Valledupar

Oficina Valledupar - Discriminación Consumo						
Fecha Recibo	Mes	Año	Mes de Consumo	Consumo en kWh	Total Tarifa kWh (\$)	Total a Pagar Consumo (\$)
5/02/2016	1	2016	Enero	6556	\$ 517,04	\$ 3.389.740
5/03/2016	2	2016	Febrero	6640	\$ 545,06	\$ 3.619.225
5/04/2016	3	2016	Marzo	7400	\$ 549,65	\$ 4.067.395
5/05/2016	4	2016	Abril	6960	\$ 558,86	\$ 3.889.693
6/06/2016	5	2016	Mayo	7240	\$ 536,40	\$ 3.883.536
5/07/2016	6	2016	Junio	7240	\$ 519,42	\$ 3.760.601
5/08/2016	7	2016	Julio	9680	\$ 493,27	\$ 4.774.873
5/09/2016	8	2016	Agosto	9360	\$ 503,77	\$ 4.715.306
5/10/2016	9	2016	Septiembre	10200	\$ 497,80	\$ 5.077.519
6/11/2016	10	2016	Octubre	10760	\$ 510,04	\$ 5.487.987
5/12/2016	11	2016	Noviembre	12200	\$ 498,65	\$ 6.083.506
8/01/2017	12	2017	Diciembre	10920	\$ 517,50	\$ 5.651.100
5/02/2017	13	2017	Enero	7856	\$ 520,84	\$ 4.091.688
5/03/2017	14	2017	Febrero	7940	\$ 462,55	\$ 3.672.663
5/04/2017	15	2017	Marzo	8700	\$ 482,08	\$ 4.194.061
5/05/2017	16	2017	Abril	8990	\$ 516,90	\$ 4.646.931
5/06/2017	17	2017	Mayo	8830	\$ 512,21	\$ 4.522.797
5/07/2017	18	2017	Junio	9040	\$ 486,90	\$ 4.401.576
6/08/2017	19	2017	Julio	8640	\$ 463,80	\$ 4.007.232
Promedio \$ kW/h					\$ 510,14	

Fuente. Elaborada por los Autores

En la figura 5, se observa el valor promedio por kW/h calculado para cada oficina con base en los resultados hallados anteriormente.

Figura 5. Consumo promedio en kW mes por oficina



Fuente. Elaborada por los Autores

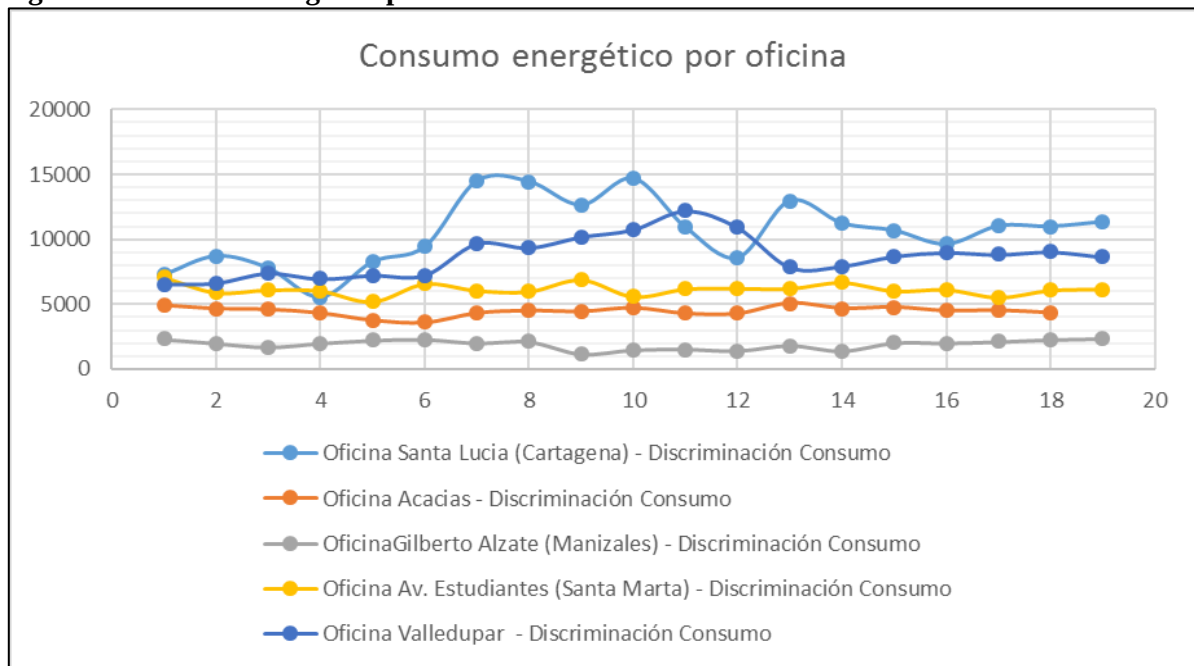
Tabla 17. Resumen precios promedios kW por oficina.

Descripcion	Oficina Santa Lucia (Cartagena)	Oficina Acacias	Oficina Gilberto Alzate	Oficina Av Estudiantes	Oficina Valledupar
Promedio Tarifa Mes \$kWh (\$)	\$ 510,14	\$ 589,21	\$ 600,21	\$ 483,27	\$ 510,14

Fuente. Elaborada por los Autores

En la figura 6 se muestra el comportamiento del consumo energético por oficina en los periodos establecidos.

Figura 6. Consumo energético por oficina



Fuente. Elaborada por los Autores

Como se puede observar, los consumos de energía más elevados se representan en Cartagena y Valledupar, esto con base en la cantidad de equipos que pueden llegar a estar conectados, teniendo en cuenta que estos son los consumos totales de las oficinas, en estas variaciones se puede incluir el uso de aires acondicionados.

El Banco Caja Social suministra los datos de los costos asociados a mantenimiento eléctrico para cada oficina, dichos costos son diferentes teniendo en cuenta el sector en donde se encuentra ubicada la oficina, el costo de mantenimiento tiene asociado limpieza general, cambio de bombillas, cambio de balastos, cableados y elementos físicos como rejillas o acrílicos, de igual forma se ve afectado por la vida útil de las luminarias. El estándar para el mantenimiento de luminarias se representa en la siguiente tabla:

Tabla 18. Costo promedio de mantenimientos por zona

Mantenimiento Eléctrico (Reposición luminarias, balastos, tubos, tomas mormales y reguladas).	Costo Estimado Mto por Elemento
Regional Bogotá y alrede,	15.663
Regional Eje Cafetero	15.433
Zona Costa	36.105
Zona Oriente (Bucaramanga)	27.311
Zona Occidente (Cali)	13.198
Zona Antioquia (Medellin)	20.018

Fuente. Elaborada por los Autores

El costo por mantenimiento estimado es por luminaria, dicho costo según la zona se multiplica por el número de luminarias que tiene cada oficina según el sector. Los valores correspondientes de mantenimiento para cada una se observan en la siguiente tabla:

Tabla 19. Costo total de mantenimientos para luminarias al año

Oficinas	Costo Mto Iluminación Año (\$)
Santa Lucia	586.204,25
Acacias	202.621,02
Gilberto Alzate	138.527,15
Av Estudiantes	414.632,28
Valledupar	776.839,78

Fuente. Elaborada por los Autores

Con base en la potencia total instalada del sistema de iluminación actual para las oficinas tipo 2, el valor promedio calculado del Kw/h y los datos de costos de mantenimiento por oficina entregados por el banco y asociados a la iluminación identificados en la tabla 18, se procede a realizar los cálculos de consumo energético del sistema de iluminación actual y sus respectivos costos representados a continuación:

Tabla 20. Consumo energético y costo del sistema actual por oficina

Oficinas	Consumo de Energía Mes (kWh)	Consumo de Energía Año (kWh)	Valor de Energía Mes (\$kWh)	Valor de Energía Año (\$kWh)	Costo Mto Iluminación Año (\$)	Total costos del sistema actual por oficina anual
Santa Lucia	1,015.52	12,186.24	518,061.65	6,216,739.78	586,204.25	\$ 6,802,944
Acacias	908.16	10,897.92	535,099.98	6,421,199.77	202,621.02	\$ 6,623,821
Gilberto Alzate	715.44	8,585.28	429,416.13	5,152,993.50	138,527.15	\$ 5,291,521
Av Estudiantes	802.56	9,630.72	387,854.44	4,654,253.26	414,632.28	\$ 5,068,886
Valledupar	1,527.68	18,332.16	779,336.79	9,352,041.43	776,839.78	\$ 10,128,881
Total general	4,969.36	59,632.32	2,649,768.98	31,797,227.75	2,118,824.48	\$ 33,916,052

Fuente. Elaborada por los Autores

Con base en la tabla 20, se puede identificar que:

1. El consumo energético total anual de las oficinas asociado a la iluminación actual corresponde a 59.632,32 Kw/Año el cual se obtiene de la sumatoria de consumos para cada oficina.
2. El valor total en pesos correspondiente al consumo energético todas las oficinas tipo 2 es de \$31.797.228 pesos el cual se obtiene de sumatoria de la multiplicación del precio Kw para cada oficina por el consumo energético de cada una.
3. El costo por mantenimiento se calcula multiplicando el número de horas de uso al año (2640) década luminaria por el promedio de la tarifa de mantenimiento para luminarias al año (dato suministrado por el banco) por el número de luminarias totales, todo este conjunto dividido por la vida útil del tipo de luminaria.

Tomando como base el número de luminarias usadas en el sistema actual, el estándar de uso de 2640 horas al año (11 horas día) por luminaria, el valor de las luminarias y la vida útil de cada una de estas, se determina el costo por reposición del sistema actual, el cual se estable para un ciclo de vida de 5 años. Realizados los cálculos para cada oficina se tiene lo representado en la tabla 21

Tabla 21. Estimado por reposición de iluminación actual

Oficina	Estimado por Reposición de Iluminación (\$)
Santa Lucía	\$ 3.639.900
Acacias	\$ 2.113.320
Gilberto Alzate	\$ 2.091.540
Av Estudiantes	\$ 2.703.360
Valledupar	\$ 3.772.560
Total	\$ 14.320.680

Fuente. Elaborada por los Autores

En la tabla anterior se identifica que se incurrirán en costos asociados a la reposición del sistema por \$14.320.680 pesos a hoy por cada 5 años para este tipo de luminarias, teniendo en cuenta que este valor a futuro cambiara según el estado del mercado, para las proyecciones financieras se incrementara el porcentaje del IPC según este sea calculado.

6.1.3 Resumen del estado actual del sistema

Tabla 22. Resumen del estado actual del sistema

Descripción	Of. Santa Lucia (Cartagena)	Of. Acacias	Of. Gilberto Alzate (Manizales)	Of. Av. Estudiantes (Santa Marta)	Of. Valledupar	Total general
	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	
Cantidad Luminarias Instaladas Sistema Actual (Un)	84	66	52	65	113	380
Potencia Total Instalada del Sistema Actual (kW)	4.616	4.128	3.252	3.648	6.944	22.588
Consumo Total Año del Sistema Actual (kWh)	12186.24	10897.92	8585.28	9630.72	18332.16	59632.32
Valor Consumo Total Año del Sistema Actual (\$kWh)	\$ 6,216,740	\$ 6,421,200	\$ 5,152,994	\$ 4,654,253	\$ 9,352,041	\$ 31,797,228
Costo Mantenimiento Año del Sistema Actual (\$)	\$ 586,204	\$ 202,621	\$ 138,527	\$ 414,632	\$ 776,840	\$ 2,118,824
Estimado por Reposición de Iluminación cada 5 años (\$)	\$ 3,639,900	\$ 2,113,320	\$ 2,091,540	\$ 2,703,360	\$ 3,772,560	\$ 14,320,680
Total Costos del Sistema actual por oficina anual (\$)	\$ 6,802,944	\$ 6,623,821	\$ 5,291,521	\$ 5,068,886	\$ 10,128,881	\$ 33,916,052

Fuente. Elaborada por los Autores

De la tabla 22, se puede evidenciar:

1. Las oficinas analizadas cuentan con un total de 380 luminarias que indican 22,588 Kw instalados, lo que representa un consumo anual asociado a la iluminación de 59.632,32 Kw/año que para el banco genera un valor a pagar por \$31.797.228 pesos, para mantener este sistema se incurre en unos costos asociados a mantenimiento que ascienden a \$2.118.824 pesos lo que representa un costo total de \$33.916.052 pesos.

2. Se debe tener en cuenta que el sistema instalado tiene una vida útil de 5 años para los cuales los costos de reposición se calculan en \$14.320.680 pesos para este tiempo.

6.2 Propuesta con iluminación LED

El Banco Caja Social a su discreción escoge las luminarias propuestas para el cambio del sistema de iluminación actual basado en el cumplimiento de los parámetros estéticos y técnicos establecidos por el área de proyectos y de acuerdo con los requerimientos del área de mantenimiento en cuanto a su vida útil.

Los nuevos estudios fotométricos se realizaron por personal experto en diseños de sistemas de iluminación y software especializado para garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (Resolución 180540, 2010)

6.2.1 Estudio de requerimientos para iluminación LED.

Culminado el proceso de elaboración de nuevos estudios de iluminación para las oficinas, el resultado es un nuevo inventario detallado de luminarias, describiendo el tipo luminaria, la

cantidad de luminarias, la potencia de cada una de ellas y el costo por unidad entregado por el experto.

Tabla 23. Propuesta de inversión LED Of Santa Lucia

Oficina Santa Lucia (Cartagena)							
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)	Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Led Downligh 8" 24W G.E.	30	24	0,72	40000	\$ 178.500	\$ 5.355.000
2	Bala Led 18W Flatt 8"	7	18	0,126	30000	\$ 95.200	\$ 666.400
3	Panel Led 34W (60x60m) G.E.	23	34	0,782	50000	\$ 226.100	\$ 5.200.300
4	Panel Led 42W (30x120cm) G.E.	23	42	0,966	50000	\$ 214.200	\$ 4.926.600
5	Luminaria Hermética 40W	1	40	0,04	50000	\$ 208.250	\$ 208.250
	Totales	84		2,634			\$ 16.356.550

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 24. Propuesta de inversión LED Of Acacias

Oficina Acacias (Meta)							
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)	Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Led Downligh 8" 24W G.E.	23	24	0,552	40000	\$ 178.500	\$ 4.105.500
2	Bala Led 18W Flatt 8"	7	18	0,126	30000	\$ 95.200	\$ 666.400
3	Panel Led 34W (60x60m) G.E.	22	34	0,748	50000	\$ 226.100	\$ 4.974.200
4	Panel Led 42W (30x120cm) G.E. Lumink Led 1	15	42	0,63	50000	\$ 142.800	\$ 2.142.000
5	Luminaria Hermética 16W	7	16	0,112	20000	\$ 189.686	\$ 1.327.802
	Totales	74		2,168			\$ 13.215.902

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 25. Propuesta de inversión LED Of Gilberto Álzate

Oficina Gilberto Alzate (Manizales)							
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)	Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Led Downligh 8" 24W G.E.	13	24	0,312	40000	\$ 178.500	\$ 2.320.500
2	Bala Led 18W Flatt 8"	0	18	0	30000	\$ 95.200	\$ 0
2	Panel Led 34W (60x60m) G.E.	19	34	0,646	50000	\$ 226.100	\$ 4.295.900
3	Panel Led 42W (30x120cm) G.E. Lumink Led 1	14	42	0,588	50000	\$ 214.200	\$ 2.998.800
4	Luminaria Hermética 16W	7	16	0,112	20000	\$ 189.686	\$ 1.327.802
5	Luminaria Led Tipo Tortuga 10W	1	10	0,01	50000	\$ 208.250	\$ 208.250
	Totales	54		1,668			\$ 11.151.252

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 26. Propuesta de inversión LED Av Estudiantes

Oficina Avenida Estudiantes (Santa Marta)							
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)	Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Led Downligh 8" 24W G.E.	16	24	0,384	40000	\$ 178.500	\$ 2.856.000
2	Bala Led 18W Flatt 8"	4	18	0,072	30000	\$ 95.200	\$ 380.800
3	Panel Led 34W (60x60m) G.E.	31	34	1,054	50000	\$ 226.100	\$ 7.009.100
4	Panel Led 42W (30x120cm) G.E.	15	42	0,63	50000	\$ 214.200	\$ 3.213.000
	Totales	66		2,14			\$ 13.458.900

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 27. Propuesta de inversión LED Valledupar

Oficina Valledupar							
Ítem	Tipo de Luminaria	Cantidad (Un)	Potencia Luminaria (W)	Potencia Instalada x Zona (kW)	Vida Útil (Horas)	Valor Luminaria (\$)	Valor Total x Tipo de Luminaria (\$)
1	Bala Led Downligh 8" 24W G.E.	27	24	0,648	40000	\$ 178.500	\$ 4.819.500
2	Bala Led 18W Flatt 8"	8	18	0,144	30000	\$ 95.200	\$ 761.600
3	Panel Led 34W (60x60m) G.E.	30	34	1,02	50000	\$ 226.100	\$ 6.783.000
4	Panel Led 42W (30x120cm) G.E. Lumink Led 1	30	42	1,26	50000	\$ 214.200	\$ 6.426.000
5	Luminaria Hermética 40W	1	40	0,04	50000	\$ 208.250	\$ 208.250
	Totales	96		3,112			\$ 18.998.350

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 28. Resumen de inversión en instalación LED

Descripción	Cantidad ó Valor
Cantidad Luminarias sistema iluminación LED (Un)	374
Potencia Total Instalada del Sistema de iluminación LED (kW)	11,722
Valor total de elementos del sistema LED instalado (\$)	\$ 73.180.954

Fuente. Elaborada por los Autores

Según la evaluación realizada anteriormente, se observa que el valor total de las nuevas luminarias LED a instalar en el Banco Caja Social tendrán un costo de \$73.180.954 millones de pesos, de igual forma, se observa la potencia total instalada es de 11,722 kW aportado a partir de un total de 374 luminarias.

6.2.2 Resumen luminarias sistema actual e inversión de la propuesta LED

Posteriormente se procede a calcular los consumos energéticos asociados al sistema de iluminación propuesto con tecnología LED. Para ello, se mantiene el mismo valor calculado del kW/h por oficina, Adicionalmente y basados en los datos entregados por el Banco en cuanto a servicios de limpieza en iluminación, se estima el valor de \$ 8.000 pesos para el costo anual de mantenimiento por luminaria del nuevo sistema, esto justificado técnicamente en el concepto de que las luminarias proyectadas a instalar no poseen elementos externos como balastos, bombillas y su mantenimiento se reduce solo a limpieza de las luminarias. Adicionalmente es importante aclarar que en caso de falla o avería de cualquier luminaria tipo LED el fabricante la repondrá sin ningún costo durante los primeros 5 años.

Tabla 29. Resumen precios promedios kW por oficina.

Descripcion	Oficina Santa lucia (Cartagena)	Oficina Acacias	Oficina Gilberto Alzate	Oficina Av Estudiantes	Oficina Valledupar
Promedio tarifa Mes \$kW/h (\$)	\$ 510,34	\$ 589,21	\$ 600,21	\$ 483,27	\$ 510,14

Fuente. Elaborada por los Autores

Con base en la potencia total instalada del nuevo sistema propuesto de iluminación LED según la tabla 27, manteniendo el valor promedio calculado del Kw/h según la tabla 28, y parametrizado el costo de mantenimiento asociándolo al dato real entregado por el Banco en cuanto a limpieza de luminarias, se procede a realizar los cálculos de consumo energético del sistema de iluminación propuesto con tecnología LED y sus respectivos costos representados a continuación:

Tabla 30. Consumo energético y costo del sistema LED por oficina

Oficinas	Consumo de Energía Mes (kWh)	Consumo de Energía Año (kWh)	Valor de Energía Mes (\$kWh)	Valor de Energía Año (\$kWh)	Costo Mto Iluminación Año (\$)	Total costos del sistema LED por oficina anual
Santa Lucia	579.48	6,953.76	295,618.37	3,547,420.41	40,620.80	\$ 3,588,041
Acacias	476.96	5,723.52	281,031.19	3,372,374.30	40,092.80	\$ 3,412,467
Gilberto Alzate	366.96	4,403.52	220,254.03	2,643,048.33	28,617.60	\$ 2,671,666
Av Estudiantes	470.80	5,649.60	227,524.26	2,730,291.11	30,694.40	\$ 2,760,986
Valledupar	684.64	8,215.68	349,264.99	4,191,179.86	45,654.40	\$ 4,236,834
Total general	2,578.84	30,946.08	1,373,692.83	16,484,314.00	185,680.00	\$ 16,669,994

Fuente. Elaborada por los Autores

Con base en la tabla 30 se puede identificar que:

1. El consumo energético total anual de las oficinas asociado al cambio de iluminación con tecnología LED corresponde a 30.946,08 kW/Año.

2. Con el respectivo cambio de luminarias, el valor total en pesos correspondiente al consumo energético y al mantenimiento anual en todas las oficinas tipo 2 sería de \$16.484.314 y \$185.680 pesos respectivamente.

Tomando como base el número de luminarias usadas en el nuevo sistema LED, el estándar de uso de 2640 horas al año (11 horas día) por luminaria, el valor de las luminarias y la vida útil de cada una de estas, se determina el costo por reposición el cual se establece a partir año 6 debido que este tipo de luminarias cuentan con garantía de fabricante los primeros 5 años.

Tabla 31. Estimado por reposición de iluminación LED

Oficinas	Estimado por reposición de iluminación LED (\$)
Santa Lucia	\$ 1,754,269
Acacias	\$ 1,556,726
Gilberto Alzate	\$ 2,671,666
Av Estudiantes	\$ 1,314,445
Valledupar	\$ 1,754,269
Total	\$ 9,051,376

Fuente. Elaborada por los Autores

En la tabla anterior se identifica que se incurrirán en costos asociados a la reposición del sistema LED por \$9.051.376 pesos por cada 6 años para este tipo de luminarias. teniendo en cuenta que este valor a futuro cambiara según el estado del mercado, para las proyecciones financieras se incrementara el porcentaje del IPC según este sea calculado.

6.2.3 Resumen del nuevo sistema con tecnología LED

Tabla 32. Resumen del futuro sistema LED

Descripción	Of. Santa Lucia (Cartagena)	Of. Acacias	Of. Gilberto Alzate (Manizales)	Of. Av. Estudiantes (Santa Marta)	Of. Valledupar	Total general
	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	Cantidad ó Valor	
Cantidad Luminarias Instaladas Sistema Actual (Un)	84	74	54	66	96	374
Potencia Total Instalada del Sistema Actual (kW)	2.634	2.168	1.668	2.14	3.112	11.722
Consumo Total Año del Sistema Actual (kWh)	6953.76	5723.52	4403.52	5649.6	8215.68	30946.08
Valor Consumo Total Año del Sistema Actual (\$kWh)	3547420.405	3372374.298	2643048.327	2730291.112	4191179.858	\$ 16,484,314
Costo Mantenimiento Año del Sistema Actual (\$)	\$ 40,621	\$ 40,093	\$ 28,618	\$ 30,694	\$ 45,654	\$ 185,680
Estimado por Reposición de Iluminación cada 6 años (\$)	\$ 1,754,269	\$ 1,556,726	\$ 2,671,666	\$ 1,314,445	\$ 1,754,269	\$ 9,051,376
Total Costos del Sistema de Iluminación Actual (\$)	\$ 3,588,041	\$ 3,412,467	\$ 2,671,666	\$ 2,760,986	\$ 4,236,834	\$ 16,669,994

Fuente. Elaborada por los Autores

De la tabla 32, se puede evidenciar:

Las oficinas analizadas con el nuevo estudio con iluminación LED contarían con un total de 374 luminarias que indican 11,722 Kw instalados, lo que representaría un consumo anual asociado a la iluminación de 30.946,08 Kw/año que para el banco generaría un valor a pagar por \$16.484.314 pesos, para mantener este sistema se incurre en unos costos asociados a mantenimiento que ascienden a \$185.680 pesos lo que representa un costo total del sistema propuesto de \$16.669.994 pesos.

Se debe tener en cuenta que el sistema propuesto tendrá una vida útil de 10 años. Sin

embargo, se calcula una reserva de contingencia asociada a la reposición en \$9.051.376 pesos a partir del sexto año el cual no está cubierto por la garantía del producto.

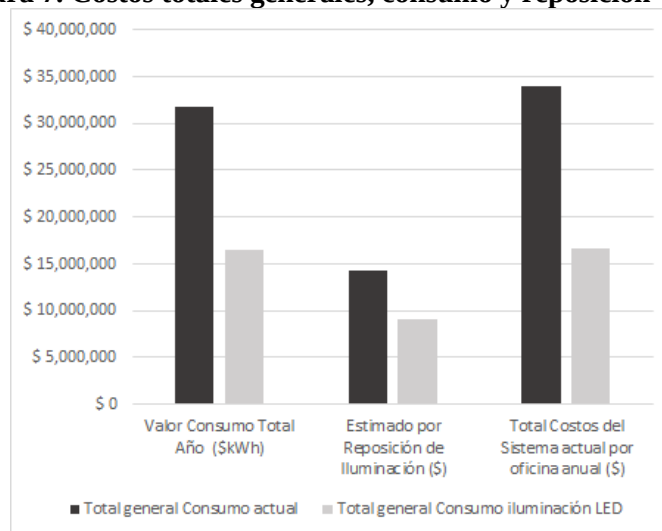
6.3 Comparativo sistema actual Vs Propuesta LED

Tabla 33. Comparativo sistema actual Vs LED

Descripción	Sítima Actual Total general	Sistema propuesto LED total general	Beneficios
Cantidad Luminarias Instaladas Sistema Actual (Un)	380	374	6
Potencia Total Instalada del Sistema Actual (kW)	22.588	11.722	10.866
Consumo Total Año del Sistema Actual (kWh)	59632.32	30946.08	28686.24
Valor Consumo Total Año del Sistema Actual (\$kWh)	\$ 31,797,228	\$ 16,484,314	\$ 15,312,914
Costo Mantenimiento Año del Sistema Actual (\$)	\$ 2,118,824	\$ 185,680	\$ 1,933,144
Estimado por Reposición de Iluminación cada 6 años (\$)	\$ 14,320,680	\$ 9,051,376	\$ 5,269,304
Total Costos del Sistema de Iluminación Actual (\$)	\$ 33,916,052	\$ 16,669,994	\$ 17,246,058

Fuente. Elaborada por los Autores

Figura 7. Costos totales generales, consumo y reposición



Fuente. Elaborada por los Autores

En la tabla 33 se identifican para un año de uso entre un sistema y otro los siguientes aspectos:

1. El número de luminarias se mantiene entre un sistema y otro aunque se observa una reducción de 6 unidades respecto al nuevo sistema el cual no es significativo.
2. Las potencias totales instaladas con el sistema propuesto se reducen el 48% representado en 10,866 Kw.
3. El consumo energético asociado a la iluminación se reduce en el 48% con la

propuesta de iluminación LED representados en una reducción de 28.686,14 Kw/Año.

4. El valor a pagar por el banco con la nueva instalación se reduce aproximadamente al 50% con la nueva propuesta representado en \$15.312.914 pesos.

5. El costo de mantenimiento se reduce en un 91%, esto sucede dado el tipo de tecnología y materiales de fabricación de la iluminación LED el cual es mucho más resistente que el tradicional.

6. Teniendo en cuenta la garantía y la vida útil de los dos tipos de luminarias se establece que el ahorro por reposición entre un sistema y otro es del 37%.

7. Finalmente, los ahorros generados entre el sistema actual y el sistema propuesto LED serían del 51% que corresponderían a \$17.246.058 pesos.

Los datos anteriores serán tomados como base para la elaboración del flujo y propuesta de inversión que establecerá la viabilidad del cambio de iluminación.

7. EVALUACION FINANCIERA

A continuación, se mencionarán los datos relevantes para la evaluación financiera del proyecto.

Tabla 34. Resumen de consumos totales sistema actual Vs LED

Descripción	Total general Consumo actual	Total general Consumo iluminación LED
Valor Consumo Total Año (\$kWh)	\$ 31.797.228	\$ 16.484.314
Costo Mantenimiento Año (\$)	\$ 2.118.824	\$ 185.680
Estimado por Reposición de Iluminación (\$)	\$ 14.320.680	\$ 9.051.376
Total Costos del Sistema actual por oficina anual (\$)	\$ 33.916.052	\$ 16.669.994

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 35. Inversión total sistema LED

Descripción	Cantidad ó Valor
Valor total de elementos del sistema LED (\$)	\$ 73.180.954

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 36. Proyecciones costo por reposición con IPC

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Incremento IPC		4,69%	3,63%	2,07%	2,32%	2,17%	1,68%	1,95%	3,09%	4,11%
Costo aproximado por reposicion	\$ 14.320.680	\$ 14.992.320	\$ 15.536.541	\$ 15.857.371	\$ 16.225.262	\$ 16.576.539	\$ 16.855.405	\$ 17.184.628	\$ 17.715.663	\$ 18.443.775
Costo aproximado por reposicion LED	\$ 9.051.376	\$ 9.475.433	\$ 9.819.391	\$ 10.022.162	\$ 10.254.676	\$ 10.476.689	\$ 10.652.939	\$ 10.861.014	\$ 11.196.638	\$ 11.656.818

Fuente. Elaborada por los Autores

El análisis se realizará para una proyección de 10 años, para este tiempo, se establece el aumento del IPC mediante la media aritmética móvil con base en los últimos 10 años el cual se aplicará a los respectivos consumos de cada periodo, este incremento de igual manera afectará el estimado por reposición de iluminación para el sistema actual y el LED según el número de periodos estimados para realizar dicha inversión.

Tabla 37. Proyecciones IPC por media aritmética

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
IPC	4,04%	5,33%	1,93%	2,20%	2,44%	1,89%	1,47%	2,43%	3,75%	4,47%	
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	2,82%	4,69%	3,63%	2,07%	2,32%	2,17%	1,68%	1,95%	3,09%	4,11%	3,65%

Fuente. Elaborada por los Autores

La tasa de oportunidad del Banco Caja Social equivaldrá a la misma tasa efectiva anual para créditos hipotecarios la cual es del 13% EA, se selecciona esta tasa debido a que es la tasa mínima de préstamo que maneja el banco dentro de su portafolio financiero.

Tabla 38. Proyección del estado actual

PROYECCION DEL ESTADO ACTUAL											
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Incremento IPC			4,690%	3,630%	2,065%	2,320%	2,165%	1,682%	1,953%	3,090%	4,110%
Costo de mantenimiento	\$ 0	\$ 2.118.824	\$ 2.218.197	\$ 2.298.718	\$ 2.346.186	\$ 2.400.618	\$ 2.452.591	\$ 2.493.851	\$ 2.542.562	\$ 2.621.131	\$ 2.728.859
Costo aproximado por reposición						\$ 16.225.262					\$ 18.443.775
Costo del consumo promedio Anual	\$ 0	\$ 31.797.228	\$ 33.288.518	\$ 34.496.891	\$ 35.209.252	\$ 36.026.106	\$ 36.806.072	\$ 37.425.259	\$ 38.156.256	\$ 39.335.352	\$ 40.952.029
Consumo total anual actual	\$ 0	\$ 33.916.052	\$ 35.506.715	\$ 36.795.609	\$ 37.555.438	\$ 54.651.986	\$ 39.258.663	\$ 39.919.110	\$ 40.698.818	\$ 41.956.483	\$ 62.124.663

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 39. Proyección con iluminación LED

PROYECCION CON ILUMINACION LED											
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Incremento IPC			4,685%	3,630%	2,065%	2,320%	2,165%	1,682%	1,953%	3,090%	4,110%
Costo de mantenimiento	0	\$ 185.680	\$ 194.379	\$ 201.435	\$ 205.595	\$ 210.365	\$ 214.919	\$ 218.534	\$ 222.803	\$ 229.688	\$ 239.128
Costo aproximado por reposición LED							\$ 10.476.689				
Costo del consumo promedio Anual	0	\$ 16.484.314	\$ 17.256.604	\$ 17.883.019	\$ 18.252.303	\$ 18.675.757	\$ 19.080.087	\$ 19.401.071	\$ 19.780.016	\$ 20.391.253	\$ 21.229.331
Consumo total anual LED	0	\$ 16.669.994	\$ 17.450.983	\$ 18.084.454	\$ 18.457.898	\$ 18.886.121	\$ 29.771.695	\$ 19.619.605	\$ 20.002.819	\$ 20.620.941	\$ 21.468.459

Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 40. Ahorros y flujo financiero del proyecto

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	-\$ 73.180.954										
Ahorros	\$ 0	\$ 17.246.058	\$ 18.055.732	\$ 18.711.155	\$ 19.097.540	\$ 35.765.865	\$ 9.486.968	\$ 20.299.505	\$ 20.695.999	\$ 21.335.542	\$ 40.656.205
VAN	(\$ 73.180.954)	\$ 15.261.998	\$ 14.140.287	\$ 12.967.769	\$ 11.712.879	\$ 19.412.279	\$ 4.556.766	\$ 8.628.521	\$ 7.785.004	\$ 7.102.278	\$ 11.976.844
Flujo del proyecto	(\$ 73.180.954)	(\$ 57.918.956)	(\$ 43.778.669)	(\$ 30.810.900)	(\$ 19.098.021)	\$ 314.258	\$ 4.871.024	\$ 13.499.545	\$ 21.284.549	\$ 28.386.827	\$ 40.363.671

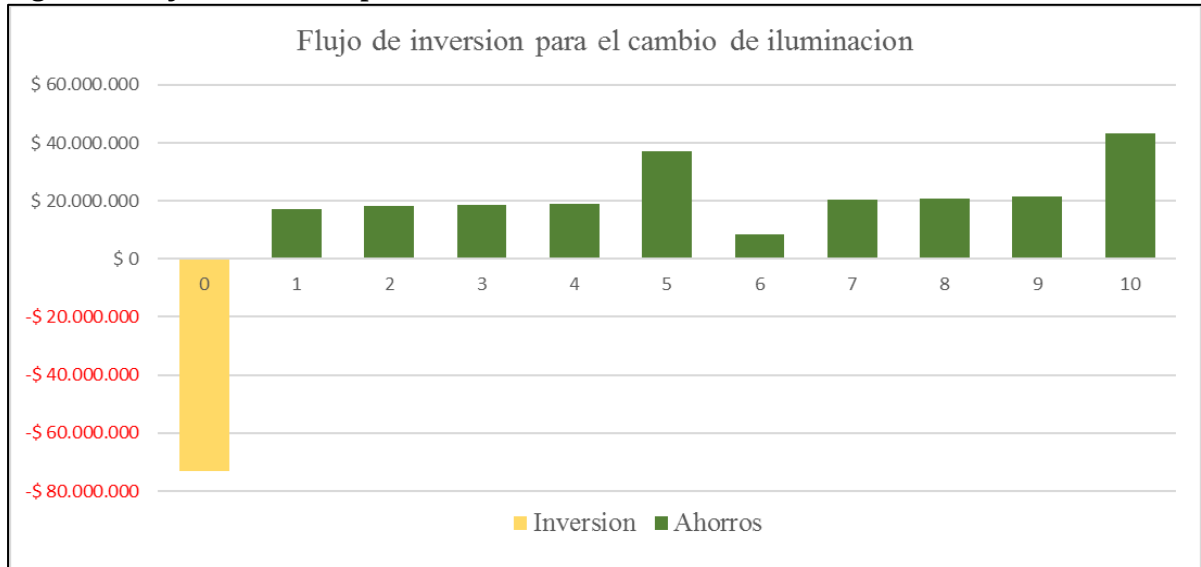
Fuente. Elaborada por los Autores

Tabla 41. Valor presente neto y TIR de la inversión del proyecto

VPN	13%	\$ 40.363.671,25
TIR		19,459572116%

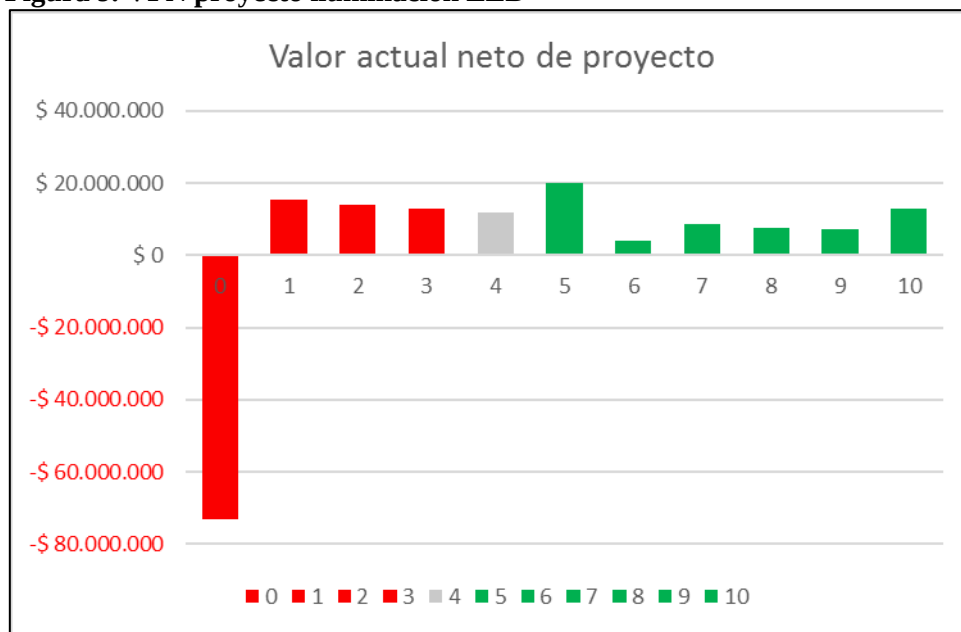
Fuente. Elaborada por los Autores

Figura 8. Flujo de inversión para el cambio de iluminación



Fuente. Elaborada por los Autores

Figura 9. VPN proyecto iluminación LED



Fuente. Elaborada por los Autores

7.1 Cálculo del Plazo de Recuperación o Payback

El plazo de recuperación o Payback nos indica el número de años y meses necesarios para que el valor del flujo de caja proyectado sea igual a la inversión o desembolso inicial, para su cálculo tomamos los valores del flujo año a año y los acumulamos, para luego realizar la siguiente operación:

$$PayBack = UP + (UFN/VFSP)$$

Donde:

UP = *Último periodo con FlujoAcumulado negativo*

UFN = *Valor absoluto del último Flujo Acumulado negativo*

VFSP = *Valor del Flujo de Caja del siguiente periodo*

Para mayor exactitud se deben tomar los valores traídos a valor presente o descontado a la tasa de oportunidad propuesta (13%), hallando así el payback descontado que nos da un dato más aproximado respecto al periodo de recuperación:

Tabla 42. Periodo de recuperación

Periodo de Recuperación Descontado				
Año	Flujos descontados	Descontados Acumulados	Payback Descontado	Payback descontado
0	(\$ 73.180.954,00)	(\$ 73.180.954,00)	4,98	4 Años y 11 meses
1	\$ 15.261.998,43	(\$ 57.918.955,57)		
2	\$ 14.140.286,52	(\$ 43.778.669,05)		
3	\$ 12.967.768,96	(\$ 30.810.900,09)		
4	\$ 11.712.879,10	(\$ 19.098.020,99)		
5	\$ 19.412.278,54	\$ 314.257,54		
6	\$ 4.556.766,39	\$ 4.871.023,94		
7	\$ 8.628.520,82	\$ 13.499.544,76		
8	\$ 7.785.004,09	\$ 21.284.548,85		
9	\$ 7.102.278,26	\$ 28.386.827,11		
10	\$ 11.976.844,13	\$ 40.363.671,25		

Fuente. Elaborada por los Autores

Lo anterior indica que la inversión, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo será recuperada en 4 años y 11 meses.

8. ANALISIS COSTO – BENEFICIO

Una vez proyectados los flujos de fondos del proyecto, identificando e incluyendo todos los costos y beneficios (ahorros) asociados, procedemos a calcular la relación costo/beneficio que existe para este proyecto, lo que nos permitirá concluir definitivamente su viabilidad.

Aplicaremos la fórmula de costo beneficio, a saber:

$$R (B/C) = \frac{VPI}{VPE}$$

Donde:

R(B/C) = Relación Costo-Beneficio

VPI = Valor presente de los ingresos

VPE = Valor presente de los egresos

Obteniendo lo siguiente:

Valor Presente de los ingresos (Ahorros proyectados) se calculó en: \$113.544.625

Valor Presente de los egresos (la inversión inicial) como vimos es: \$73.180.954

Tabla 43. Relación costo – beneficio

Relacion Costo-Beneficio	
VPI	\$ 113.544.625
VPE	\$ 73.180.954
Costo / Beneficio	1,552

Fuente. Elaborada por los Autores

Como el resultado de la operación es mayor a 1, se ratifica que el proyecto es recomendable y que la relación costo/beneficio de este proyecto es positiva dado que por cada peso invertido en el proyecto se obtiene de vuelta 1,55 pesos.

9. CONCLUSIONES

- Se identificó que el sistema de iluminación tradicional fluorescente actualmente instalado consume aproximadamente 50% más energía comparado con el sistema propuesto con iluminación tecnología led. Lo anterior nos muestra en etapa temprana de la investigación que la propuesta con iluminación led, proyectará ahorros significativos en el consumo energético de las oficinas objeto del análisis. Adicionalmente se evidencia que las luminarias tipo led cuentan con mayor vida útil y menos elementos externos que la iluminación tradicional fluorescente, lo que se traduce en menores costos de mantenimiento.
- Con ayuda de las técnicas de modelación y proyección financiera se determinaron los flujos de ingresos (Ahorros) y egresos que se obtendrían en los próximos 10 años , teniendo en cuenta factores como la tasa de oportunidad esperada por el banco y el índice de precios al consumidor. Estas proyecciones permitieron demostrar que el proyecto de iluminación con LED es más eficiente que el tradicional dado que en el año 10 se obtienen ahorros de 48 % en consumo, 91% mantenimiento y 45 % en reposición.
- Mediante la evaluación financiera del proyecto se obtuvo una VPN de \$40,363,671 que indica una relación positiva entre los flujos de ingresos y egresos del proyecto en el horizonte de 10 años, traídos a valor presente; adicionalmente la Tasa Interna de Retorno arrojada fue del 19,45%, superando en más de 5% la tasa de oportunidad esperada que era del 13%, demostrando que las utilidades serán mucho mejores de lo esperado. Finalmente la relación costo beneficio fue de 1,55 con lo que se ratifica que el proyecto es recomendable dado que por cada peso invertido en el proyecto se obtiene de vuelta 1,55 pesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Decreto 3450. (2008). *Por el cual se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la energía eléctrica*. Bogotá: Presidencia de la República de Colombia.
- Garcia, J. (2008). *Luminarias*. Obtenido de <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/luminar1.html>
- Institute, P. M. (2013). *Fundamentos para la dirección de proyectos*. Newtown Square, Pensilvania.
- Jimenez,C. (1997). *Lámparas y luminarias. Manuales de Luminotécnia*. CEAC. Bogotá: Planeta editores.
- Luminet. (2013). *¿Qué es y cómo se mide la vida útil de un LED?*. Obtenido de <http://www.iluminet.com/que-como-mide-vida-util-led/>
- Medina,U & Correa, A. (2009). *Cómo evaluar un proyecto empresarial: Una visión práctica*. Buenos Aires: Iberoamericana editores.
- Miranda, J. (2012). *Gestión de Proyectos*. Bogotá: Norma editores.
- Resolución 180540. (2010). *Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – Retilap, se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Sampieri, R., Méndez, S., Christian, M., & Cuevas, A. (2017). Fundamentos de investigación. In (5 ed., pp. 612). Mexico: Mc Graw Hill.
- Sapag, N., Sapag,C y Moreno, A. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. México: Mc Graw-Hill.
- Serrano,A, Martínez., A., Guarddon,O y Santolaya,J. (2015). *Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un caso de estudio*. Revista Dyna - Universidad Nacional de Colombia, 82 (191), 231-239.
- Sirlín,E. (2006). *Diseño de iluminación*. Obtenido de http://www.elisirlin.com.ar/11_fisica%20de%20la%20luz.pdf
- Tecnología y Educación. (2012). *¿Qué es luz LED?* Obtenido de <http://www.tecnologiayeducacion.com/%C2%BFque-es-luz-led/>
- UPME. (2015). *La Unidad de Planeación Minero-Energética*. Plan Energético Nacional Colombia: ideario energético 2050. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

- Urbina,G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: Trillas editores.
- Vargas, C., Guaumán, J., Rodriguez, K., y Rios, A. (2017). *Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS*. Revista Politécnica, 39(1), 59-66.
- Vatioled. (2017). *Tubos fluorescentes*. Obtenido de <http://www.vatioled.com/productos/tubos-fluorescentes/>
- Vieira, A., Rojas,L y Méndez,P. (2015). *Programas de normalización y etiquetado de eficiencia energética*. Washington, D.C.: BID.
- WWDR. (2014). *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002269/226961S.pdf>