

***TECNOLOGÍA LED: REVISIÓN DE APLICACIONES COMO
ALTERNATIVA PARA ENTORNOS SOSTENIBLES***



***Diana Carolina Castillo Bueno
Idania Yuliany Mejía Contreras***

***UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010***

**TECNOLOGÍA LED: REVISIÓN DE APLICACIONES COMO
ALTERNATIVA PARA ENTORNOS SOSTENIBLES**

***Diana Carolina Castillo Bueno
Idania Yuliany Mejía Contreras***

Trabajo de grado presentado para obtener el título de Ingeniero Electricista

***Director:
Dr. Gabriel Ordóñez Plata***

***Codirector:
Ing. Germán Alfonso Osma Pinto***



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2010**

DEDICATORIA

A mi Dios por acompañarme y guiar cada uno de mis pasos, dándome la fortaleza y sabiduría para superar los obstáculos. Por permitirme compartir este nuevo logro con mi mamá y darme el mejor regalo del mundo mi familia.

A mis padres por todo el amor que me han brindado, por su apoyo incondicional, comprensión y esfuerzo para sacarme adelante. Ojalá mi Dios me los conserve así de unidos y felices por muchos años.

A mi mamá Margenia Bueno por sus oraciones y ejemplo de fortaleza, paciencia y dedicación para la formación de mi familia. Porque siempre estás cuando necesito una amiga, sin olvidar la dureza cuando necesito una lección. Gracias por enseñarme a vivir, mostrándome todas esas cosas que no alcanzo a ver.

A mi papá Luis Jesús Castillo por creer en mí, por brindarme una voz de alivio en los momentos difíciles y porque nunca ha salido de su boca un reproche.

A mis Hermanos Angélica y José por su cariño, por ser mis amigos y cómplices, acompañándome siempre.

A mi nonita Hilda María Ballesteros Q.E.P.D. de quien tengo los mejores recuerdos de mi niñez y me brindo el amor más lindo y transparente del mundo.

A mi tía Nohora por estar presente en todo momento.

A mis amigas de toda la vida y mis grandes amigos de la universidad por su amistad y cariño. Por compartir los buenos y malos momentos sin que nunca hiciera falta una voz de aliento, consuelo, ánimo y optimismo. (Lillian, Dianis, Evelyn, Sandra, Kelly, Deisy, Laura, David, Jose, Hugo, Edwing, Oscar y Jorge).

Fue un camino muy largo y difícil y hoy no tengo nada más que brindarles que una inmensa gratitud, por caminar junto a mí y darme las alas necesarias para alcanzar mi título.

Diana Carolina Castillo Bueno

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en todo momento, por iluminarme en los momentos de adversidad y darme la sabiduría, la ciencia, la inteligencia y la fortaleza. A mamita María por sus intersecciones y bendiciones recibidas.

A mi mamita por su fortaleza, entereza, por brindarme todo su amor, su apoyo incondicional, su paciencia, comprensión y por su esfuerzo constante durante toda mi vida para formarme y permitirme salir adelante cumpliendo mis sueños y ver en mí la persona que hoy soy.

A mi monita Carmen Q.E.P.D. por creer en mí, por su cariño y deseos de verme convertida en una profesional.

A mi abuela Gilma y a mis tíos que me han apoyado, acompañado y han aplaudido cada logro que he alcanzado.

A mi tío Juan Carlos por sus palabras de apoyo y por sus más sinceros deseos de verme alcanzar mis sueños.

A Christian Alexander Árdila por su amor, comprensión, confianza, apoyo, conocimiento y por animarme con sus palabras en cada uno de los momentos en que más lo necesitaba.

A mi mejor amiga Angy por su comprensión, por estar siempre ahí, escucharme, ser mi cómplice y por toda su amistad.

Idania Mejía Contreras

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra gratitud:

Al Dr. Gabriel Ordóñez por su dirección, asesoría y colaboración en el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

Al Ingeniero Manuel José Ortiz Rangel nuestro más grande colaborador y amigo, por su apoyo incondicional, disponibilidad, por ser esa clase de personas que dan lo mejor de si mismos sin esperar nada a cambio, porque gracias a su apoyo, consejo y enseñanzas ha permitido el desarrollo de nuestro proyecto.

A la Directora de Alumbrado público de Bucaramanga, la ingeniera Gloria Azucena por su carisma, colaboración, compromiso, por guiarnos y por compartir su conocimiento.

A la ingeniera Karen María Niebles Tapias por colaboración oportuna y amistad incondicional.

Al Ingeniero Jaime Galindo por sus enseñanzas en el desarrollo profesional y humano.

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por la formación y conocimiento otorgado durante todos estos años y por permitirnos tener el orgullo de convertirnos en ingenieras UIS.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma estuvieron vinculadas en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. EVOLUCIÓN DE LOS DIODOS LED	15
2. APLICACIONES DE LOS LEDs	17
3. APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA LED EN LA UIS	18
4. PROPUESTA DE ILUMINACIÓN.....	19
4.1 Selección de las vías peatonales.....	19
4.2 Evaluación de la situación actual	19
4.3 Criterios de diseño.....	20
5. ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN PEATONAL CON TECNOLOGÍA LED ..	20
5.1 Selección de la luminaria LED.....	21
5.1.1 Resultados luminotécnicos “Marca A”	22
5.1.2 Resultados luminotécnicos “Marca B”	22
5.2 Dimensionamiento de la instalación eléctrica	23
5.3 Análisis Financiero.....	24
6. CONCLUSIONES	25
REFERENCIAS	25
ANEXOS.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolución histórica de la eficiencia luminosa de los LEDs del espectro visible.	15
Figura 2. Aplicaciones de la tecnología LED.....	17
Figura 3. Campos de aplicación en la UIS	19
Figura 4. Cajas de paso	20
Figura 5. Luminarias actuales. (a) Luminaria de Sodio de alta presión. (b) Luminaria de mercurio tipo hongo.	20
Figura 6. Luminaria Tipo 4 Marca A LED	22
Figura 7. Rendering (procesado) 3D “Mecánica-Biblioteca”	22
Figura 8. Luminaria Tipo 1 Marca B LED.....	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los compuestos.	16
Tabla 2. Características de las fuentes de iluminación convencionales para uso exterior.	18
Tabla 3. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.	20
Tabla 4. Cuadro comparativo de Luminarias marca A.	21
Tabla 5. Cuadro comparativo del cálculo del VPN.	21
Tabla 6. Características luminarias Tipo 4.....	22
Tabla 7. Resultados de iluminancia.....	22
Tabla 8. Características – luminaria TIPO 1 LED	23
Tabla 9. Resultados de iluminancia en las vías.	23
Tabla 10. Resumen eléctrico Marca A	23
Tabla 11. Resumen eléctrico Marca B	24
Tabla 12. Costos generales del proyecto.	24
Tabla 13. Costos individuales	24

RESUMEN

TITULO:

*TECNOLOGÍA LED: REVISIÓN DE APLICACIONES COMO ALTERNATIVA PARA ENTORNOS SOSTENIBLES.**

AUORES:

DIANA CAROLINA CASTILLO BUENO **

IDANIA YULIANY MEJÍA CONTRERAS**

PALABRAS CLAVES: LEDs, eficacia, rendimiento, iluminación LED, peatonal, uso racional, bajo consumo.

DESCRIPCIÓN:

Los diodos emisores de luz LEDs han revolucionado la industria de la iluminación. El amplio desarrollo debido a los avances tecnológicos desde los primeros LEDs utilizados como luces indicadoras hasta los LEDs de alta potencia utilizados hoy en día para diferentes aplicaciones de iluminación que han crecido de manera constante durante los últimos años. La robustez, larga duración, tamaño compacto, elevada eficacia luminosa y brillo son características que la hacen la mejor alternativa para sustituir las fuentes de luz convencionales, permitiendo crear efectos totalmente innovadores, sin olvidar los beneficios ambientales que se pueden lograr debido a su reducido consumo con el fin de contribuir en nuestro camino a la sostenibilidad. Los LEDs están disponibles en muchos colores y actualmente permiten el control de la luz mediante la variación dinámica de los colores y el nivel de intensidad sin afectar la uniformidad del color. La tecnología LEDs tiene un desarrollo óptico excepcional y permite ser utilizada en diferentes lugares creando ambientes agradables y funcionales con iluminación de alta calidad. Considerando que la eficacia luminosa es el principal potencial de los LEDs, este artículo describe los avances en los materiales semiconductores con las respectivas tecnologías utilizadas para la fabricación de los LEDs y sus aplicaciones a través de la historia. Por otra parte en este trabajo se propone un sistema de iluminación basado en tecnología LED en dos de las vías peatonales del campus central de la universidad Industrial de Santander y el análisis financiero que contiene el costo total de la inversión y los costos por mantenimiento.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Dr. Gabriel Ordóñez Plata - gaby@uis.edu.co. Codirector: Germán Alfonso Osma Pinto - german.osma@gmail.com.

SUMMARY

TITLE:

LED TECHNOLOGY: REVIEW OF ITS APPLICATIONS AS AN ALTERNATIVE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT.

AUTHORS:

DIANA CAROLINA CASTILLO BUENO
IDANIA YULIANY MEJIA CONTRERAS

KEY WORDS: LEDs, effectiveness, performance, LED lighting, rational use, low energy consumption.

DESCRIPTION:

The Light-emitting diodes, LEDs have revolutionized the lighting industry. The history of LED technology starts with the first prototypes used as light indicators and goes until the high power LEDs which are used in different illumination application nowadays. It has definitely increased significantly over the last years. Robustness, long duration, compact size, and high light and shine efficacy are characteristics that make LEDs the best alternative for substituting traditional light sources. These features allow the creation of quite brand new possibilities, as well as different environmental benefits that can be achieved due to its low energy consumption, which will help society in their way to sustainable development. LEDs can be found in different colors, and currently they allow light control by means of dynamic color control and the level of intensity without affecting color uniformity. LED technology has an exceptional optical development and it can be used in different places creating comfortable and functional spaces with high quality light. Based on the fact that light efficacy is the main advantage of LEDs, this article describes the advances in materials used in semiconductors production and the corresponding technologies and their applications throughout history. On the other hand, this paper proposes an illumination system based on LED technology in two pedestrian paths at the Universidad Industrial de Santander campus and a financial analysis which shows the total cost of investment and maintenance costs.

* Final undergraduate project

** Physics Mechanical Engineering Faculty. Electric, Electronic and Telecommunications School. Director: Dr. Gabriel Ordóñez Plata - gaby@uis.edu.co. Subdirector: Germán Alfonso Osma Pinto - german.osma@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento en la demanda energética a nivel mundial y el agotamiento de los recursos naturales hacen prever un aumento en el costo de la energía. Este panorama motiva la implementación de medidas que contribuyan al uso racional de la energía [1,2,3].

Aproximadamente el 19% de la energía eléctrica es utilizada para usos generales de iluminación [4], donde los sistemas convencionales se caracterizan por el uso de tecnologías con niveles bajos de eficacia (como las lámparas incandescentes) que atentan contra la conservación de la energía y el medio ambiente [4,5,6].

Las lámparas incandescentes son tal vez la tecnología de iluminación menos eficiente utilizada hoy en día, transformando solo el 5 % de la energía eléctrica en luz efectiva y el 95% restante en calor. Su rendimiento entre 7,5 a 11,0 lm/W y el tiempo de vida útil bajo, aproximadamente entre 1 000 y 1 200 horas es ocasionado por el debilitamiento del filamento [7].

Estas fuentes de luz según la ley de uso racional de energía, atentan con la ecología y la economía del país. Según el Decreto 3450 expedido en Colombia por el Ministerio Minas y Energía, las bombillas incandescentes desaparecerán a partir de 1º de enero de 2011[8].

La necesidad de satisfacer el confort visual con un menor consumo dio paso a las lámparas incandescentes halógenas, con un rendimiento de 15 lm/W y una duración de hasta 2 000 horas [6,7,9]. Fueron sustituidas por las lámparas de descarga, sodio de alta presión (HPS) y halogenuros metálicos (HM), para uso en espacios exteriores y por fluorescentes para uso doméstico.

Las lámparas fluorescentes utilizan un 75% menos de energía en comparación con las incandescentes y su eficiencia oscila entre 38 a 91 lm/W dependiendo de la presión del gas introducido, el balasto, su recubrimiento y número de encendidos. Además, la durabilidad de estas lámparas pueden alcanzar las 10 000 horas [10,11]; sin embargo, contienen alrededor de 5 mg de mercurio, un sustancia tóxica y por lo tanto peligrosa para la salud y el medio ambiente [12,13].

Los desarrollos en electroluminiscencia¹ y en los materiales han permitido la incursión de tecnologías más eficientes, tal como los LEDs (*Light Emitting Diodes*), los cuales, según los expertos, pueden llegar a ser el reemplazo de las tecnologías empleadas hoy en día en la iluminación. Este pronóstico se basa en las cualidades potenciales de esta tecnología, tales como alta pureza y brillo, robustez, durabilidad, bajo consumo, mayor eficacia y control cromático, además de un bajo costo de mantenimiento e impacto ambiental [14,15].

En este trabajo se expone la evolución de la tecnología LED a partir de los compuestos semiconductores y las tecnologías empleadas en el proceso de fabricación. Además, se presentará el

¹ Emisión de luz que brinda un objeto cuando la electricidad pasa a través de él.

desarrollo de las aplicaciones de los dispositivos LED, desde los primeros, utilizados como luces indicadoras hasta los LEDs de alta potencia para iluminación. Finalmente, se mostrarán los resultados obtenidos de dos sistemas de iluminación empleando luminarias de las marcas A y B, en dos vías peatonales de la Universidad Industrial de Santander.

1. EVOLUCIÓN DE LOS DIODOS LED

El estudio de algunos materiales semiconductores en los años 40 y el desarrollo de la electrónica de estado sólido, contribuyó a la explicación correcta del fenómeno de la electroluminiscencia, mediante las investigaciones realizadas de las propiedades electrónicas y las características eléctricas de los dispositivos semiconductores [16].

En los años 50's y principios de los 60's, varios investigadores comenzaron a indagar las propiedades de los grupos III y V de la tabla periódica, teniendo presente la probabilidad de emisión de fotones de los semiconductores con *direct bandgap* e *indirect bandgap*² y la teoría de la unión p-n. Lo que permitió el desarrollo de la optoelectrónica³ y así la creación de dispositivos capaces de conducir y controlar la corriente eléctrica además de emitir luz visible⁴ [9,16,17]. En la Figura 1 se muestra el desarrollo histórico de la eficacia luminosa de los LEDs de espectro visible, los cuales han tenido un rápido progreso debido a los avances en las técnicas de crecimiento de los semiconductores y los compuestos con los cuales se han logrado los diferentes colores del espectro.

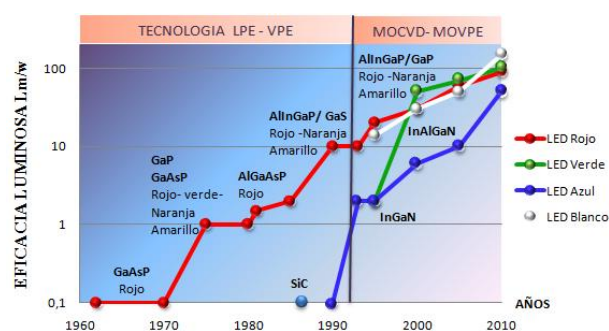


Figura 1. Evolución histórica de la eficiencia luminosa de los LEDs del espectro visible.

Los primeros LEDs fueron desarrollados en 1962 por el ingeniero estadounidense Nick Holonyak⁵, a partir del compuesto semiconductor (GaAsP⁶) de banda directa que emitía luz roja; sin embargo, el bajo rendimiento y la emisión de longitudes de onda superiores a 720 nm limitó la percepción del ojo

² Brecha de energía directa e indirecta que permite la emisión de fotones en forma de luz visible.

³ Es el nexo entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos.

⁴ Radiación electromagnética que comprende longitudes de onda desde los 400 a los 700 nm, región en la que el ojo humano es capaz de percibir la luz.

⁵ Científico asesor de la General Electric.

⁶ GaAsP: Arseniuro de Galio Fosfuro.

humano, condicionándolos a ser utilizados solo en aplicaciones de pequeña señal como indicadores [16,18].

En la década de los 70's, el desarrollo de nuevos compuestos llevaron a la producción de colores rojo-naranja, amarillo y amarillo-verde, utilizando aleaciones GaP⁷ y GaAsP. La variación en la proporción de estos de los elementos y el uso de la banda indirecta en las aleaciones, mejoró significativamente la eficiencia cuántica. En la tabla 1 se muestran las ventajas y desventajas por década de los LEDs fabricados con los diferentes compuestos semiconductores.

A principios de 1980, el AlGaAs⁸ con *direct bandgap*, se convirtió en una aleación de gran utilidad para la creación de LEDs, con el fin de asegurar que la mayoría de los fotones desprendidos por el material fueran convertidos en luz visible [17]. Una de las principales virtudes, es que no absorben la luz por su amplia brecha de energía. Estos LEDs incursionaron en el mercado automatiz, por su longitud de onda característica, cercana a los 710 nm [16,19,20].

A mediados de esta época se creó la primera generación de LEDs súper brillantes capaces de generar luz de alta intensidad a partir del uso del compuesto AlGaAsP⁹ que amplió la aplicación comercial de los LEDs, que empezaban a ser considerados como una fuente de iluminación artificial [21].

El interés por alcanzar una mayor eficiencia e intensidad luminosa, llevó a analizar nuevos compuestos con elementos semiconductores de los grupos III-V. A principios de 1990, el AlInGaP¹⁰ se convirtió en una aleación que además de emitir luz visible, mejoraba la eficiencia de los LEDs [22], gracias a los avances de las tecnologías de crecimiento epitaxial¹¹, LPE (*liquid phase epitaxy*) y VPE (*vapor phase epitaxy*), utilizadas en los primeros LEDs; y más aún a las tecnologías "MOVPE (*metalorganic vapor phase epitaxy*) y MOCVD (*metal organic chemical vapor deposition*)"[15,25]. Este compuesto dio mayor flexibilidad a los LEDs para la creación aplicaciones de nuevos dispositivos de almacenamiento (DVDs y CDs) [16, 23, 24].

Inicialmente, el sustrato GaAs¹² utilizado en los LEDs de (AlInGaP), reportó eficiencias altas; sin embargo, parte de la luz era absorbida por el "bandgap" del semiconductor, el cual fue reemplazado por el sustrato GaP o sustrato transparente que permite que la cantidad de luz emitida por el dispositivo sea mayor. El TSalInGaP¹³ mejoró la eficiencia lumínica del LED, pero aún no alcanzaba los niveles de iluminación deseados [18, 22].

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los compuestos.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
60's GaAsP	Eficiencia de 0,1lm/w. Emisión de luz roja.	■ Longitud de onda, no perceptible al ojo humano.
70's GaP GaAsP	■ Alcanzó una eficacia lumínica de 2 lm/W Disponibles en colores: ■ Rojo- Naranja ■ Amarillo ■ Amarillo-Verde	■ Baja eficacia luminosa. ■ Tecnología de construcción
80's AlGaAs AlGaAsP	■ Creación LEDs de alta potencia ■ LEDs rojos de alta luminosidad. ■ Eficacia 2,5lm/W	■ Degradación rápida de sus materiales a elevadas temperaturas
	■ Mejoró la visibilidad de los LEDs ■ Mayor intensidad en los colores rojo, amarillo y verde. ■ Alto rendimiento. ■ Eficacia 10 lm/W	■ Limitaciones en sus materiales ■ Bajo flujo luminoso por LED
90's AlInGaP	■ Eficacia aumento de 25 lm/W a 50 lm/W ■ Mayor rendimiento en los colores rojo, naranja y amarillo. ■ Mayor pureza del color e intensidad de luz	■ Limitaciones en aplicaciones de iluminación ■ Costo
Finales de los 90's en adelante AlInGaN	■ Producción del color verde, azul y parte UV ■ Mayor extracción de luz y calidad ■ Expansión en las aplicaciones ■ Creación del LED blanco frío y cálido ■ Eficacia lumínica hasta del 100%.	■ Costo

Durante el año de 1990, el ingeniero japonés Shuji Nakamura¹⁴, creó los LEDs azules, verdes y blancos de alta luminosidad, a partir del compuesto GaN creado por él, lo cual permiten ser utilizados para iluminación en general [26]. Sus primeras investigaciones basadas en la invención de LED azul superaron las expectativas en eficiencia y brillo, pese a la baja sensibilidad del ojo a longitudes de onda de 460 nm y a la elevada energía requerida para su funcionamiento [22,23].

Además del mejoramiento de la intensidad de luz y la eficiencia de los LEDs, Shuji utilizó las tecnologías de epitaxia fase vapor mediante compuestos organometálicos, MOVPE y MOCVD que posibilitan heterouniones en la brecha de energía de los semiconductores para minimizar su volumen [17,25].

En 1993, Shuji Nakamura apoyado en el compuesto semiconductor GaN creado por él, construyó los primeros LEDs azules de alta eficiencia y pureza del color, a partir del InGaN. Con el sistema AlInGaN se logró la emisión de luz azul brillante, dejando a un lado a los LEDs azules de carburo de silicio, líderes en el mercado hasta ese entonces [24, 27, 28].

Durante esta época, Nakamura además de crear los LEDs azules, introdujo los LEDs verdes súper brillantes de alta potencia, lo cual se obtuvo aumentando el

⁷ GaP: Fosforo de Galio.

⁸ GaAlAsP o AlGaAsP: Arseniuro Fosforo de Galio y Aluminio

⁹ AlGaAsP: Fosforo de Aluminio - Galio - Arsénico.

¹⁰ AlInGaP o InAlGaP: Fosforo de aluminio - galio - indio.

¹¹ Proceso orientado de una película sobre un sustrato, que influye en el proceso de dispersión de la luz sobre el dispositivo.

¹² GaAs: Arseniuro de Galio

¹³ Compuesto AlInGaP con sustrato transparente

¹⁴ Ingeniero e Investigador de la compañía Nichia Chemical Industries.

contenido de indio en el compuesto AlInGaN. En 1995, él desarrolló los LEDs ultra violeta con compuestos GaN/InGaN como base [17,23].

Más tarde, gracias a las innovaciones hechas hasta ese momento, se dio la posibilidad de generar luz blanca a partir de la combinación de los LEDs de color azul, verde y rojo [27,29], e incluso a partir de los LEDs ultravioleta con la adición de fósforo de emisión verde o con LEDs azul de InAlGaN, que al introducir pequeñas porciones de fósforo convierten algunos fotones azules en luz amarilla, estimulando a los receptores del ojo a percibir la combinación de luz azul y amarilla como luz blanca [15, 23, 24, 30].

Actualmente, los LEDs poseen gran variedad de aplicaciones y se caracterizan por su especial ahorro de energía respecto de otras tecnologías de iluminación; además, han alcanzado una vida útil aproximadamente de 50 000 horas [27, 31], permitiendo sobrellevar la situación en cuanto a la disponibilidad de energía eléctrica en hogares del tercer mundo.

Los LEDs ultravioleta son utilizados hoy en día para lograr la esterilización del agua, lo que permite aumentar los niveles de agua potable en el mundo, por otra parte los LEDs verdes son usados para acelerar el proceso de crecimiento de las plantas [32].

Los LEDs se han expandido rápidamente en varias industrias y han logrado desarrollar nuevas tecnologías, como lo son el BLUE-RAY en dispositivos electrónicos como los DVDs, aumentando hasta en cinco veces su capacidad de almacenamiento de datos, gracias al desarrollo del LED azul de alto brillo [33].

2. APLICACIONES DE LOS LEDs

Los LEDs basados en semiconductores han penetrado en el mercado de la iluminación gracias a la tecnología de crecimiento epitaxial MOCVD permitiendo su producción a gran escala y logrando un amplio desarrollo comercial [16]; esta resina epoxi dentro del encapsulado posibilita la emisión de luz visible cuando por éste circula la corriente eléctrica [17].

Las primeras apariciones de la tecnología LED se reducen a función de señalización de corto alcance visual, emitiendo luz roja e infrarroja, con un nivel de captación visual bajo por sus elevadas longitudes de onda, lo cual limitó sus aplicaciones a linternas, visualizadores y luces indicadoras en electrodomésticos [18, 23, 31]. La Figura 2 muestra el desarrollo histórico de las aplicaciones de los LEDs.

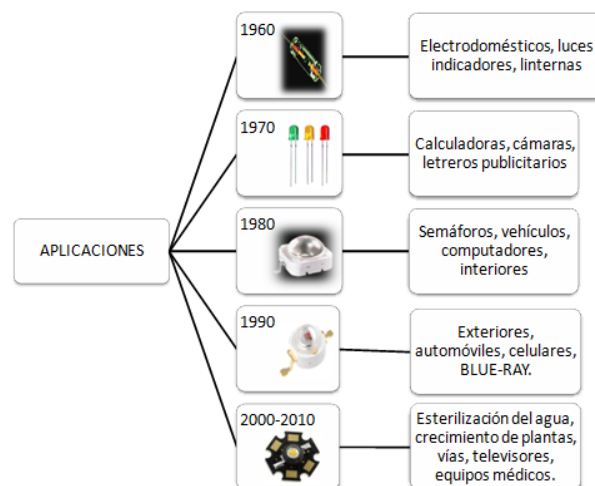


Figura 2. Aplicaciones de la tecnología LED

Posteriormente, los rápidos avances en el desarrollo de nuevos materiales, permitieron que los LEDs adquirieran ventajas en cuanto a eficiencia energética y brillo, posibilitando su uso en otras aplicaciones donde se requiere luz monocromática como vehículos y semáforos [9, 23].

Más adelante, los LEDs de alta potencia, creados por Shuji Nakamura, ampliaron el número de aplicaciones de estos dispositivos de estado sólido [16], en espacios donde se requiere niveles de alta luminosidad, tal como iluminación de exteriores e interiores en edificaciones y otros espacios arquitectónicos [26].

En la mayoría de los lugares, las fuentes de iluminación convencionales utilizadas son la incandescente y fluorescente; los LEDs compiten con estas tecnologías generando un bajo consumo energético por los pequeños niveles de tensión requeridos para su funcionamiento [35,36].

Una de las principales ventajas de los LEDs, es que no tienen problemas de desgaste por la cantidad de encendidos, puesto que no son fabricados con filamentos ni sistemas expuestos a fallos por fundido [37]. El material semiconductor del que están contruidos, proporciona solidez y durabilidad al dispositivo, añadiendo la característica de encendido instantáneo [38].

Además, esta tecnología es ambientalmente amigable, no contiene mercurio y es más eficiente que otras, igualmente el ahorro de energía que representa es bastante significativo y su bajo consumo se verá reflejado en la disminución de emisiones de CO₂ y otros gases tóxicos [14, 39].

Por otro lado, el desarrollo de la tecnología LED ha permitido revolucionar la industria de la iluminación, la posibilidad de obtener colores saturados¹⁵ en la dirección deseada sin utilizar filtros, depende no solo del CRI¹⁶ sino del *binning*¹⁷ y de la temperatura del

¹⁵ Más puro, más brillante, más denso y luminoso.

¹⁶ Índice de reproducción cromática (*color rendering index*).

¹⁷ Proceso en el que se agrupan los LEDs en función de sus propiedades comunes como flujo luminoso, comportamiento eléctrico y color, que evita la variación del tono, causado por factores externos que varían el proceso de producción

color [31], estos indicadores garantizan la firmeza, uniformidad y calidad de los colores en los LEDs, haciéndolos una alternativa de iluminación para diferentes ambientes de uso convencional o decorativo, así como en la iluminación de pantallas electrónicas y la retro-iluminación¹⁸ [21,40].

Los LEDs tienen la posibilidad de proporcionar una amplia gama de colores, cada uno de ellos se obtiene a partir de la variación de sus compuestos. El uso dinámico del color permite crear efectos que anteriormente no se podían lograr con el beneficio de ofrecer al espectador confort visual [41].

Las características y ventajas de los LEDs han alcanzado un amplio reconocimiento a nivel mundial, no solo en los campos ya mencionados sino en la iluminación de otros medios de transporte como aviones y trenes de levitación magnética, además del alumbrado público [34].

Por otro lado, los LEDs se han convertido en una de las promesas en la aplicación de la domótica para el control de la luz, su diseño flexible permite controlar y personalizar a través de un PC la intensidad, el color y la distribución de luz, maximizar el ahorro de energía mediante el control de encendido, formado por sensores de movimiento o por la programación de un horario de activación [36, 42, 43].

El ahorro de energía y la capacidad de mezclar los colores son otras ventajas en el control de los LEDs. Actualmente, las tecnologías AM¹⁹ y PWM²⁰ son empleadas para el control de intensidad en los LEDs; los dispositivos controlados por AM tienen alta eficacia pero baja estabilidad en el desempeño cromático, mientras que los LEDs con tecnología PWM ofrecen un buen control del color aunque reducida eficacia luminosa [44].

En el área del cultivo, los LEDs han alcanzado un amplio desarrollo en el crecimiento de plantas y vegetales, proporcionando diferentes longitudes de onda como la luz solar, que permite el proceso de fotosíntesis en las plantas. La luz roja de los LEDs acelera el proceso e interviene en la ramificación, altura y ancho de la planta, asimismo el LED azul y el ultravioleta son de gran importancia en el desarrollo de la forma y garantizan un mayor crecimiento [45, 46, 47].

Hoy en día, existen jardines interiores, huertas e invernaderos que emplean el método de crecimiento por medio de LEDs, no solo porque es posible controlar la intensidad y el color, sino por el ahorro en energía y en costos que proporciona, sustituyendo una vez más a las bombillas de sodio de alta presión (HPS) y fluorescentes (CFL) utilizadas en este tipo de aplicaciones [46, 48].

Los LEDs ultravioletas están siendo utilizados en diversas aplicaciones según la longitud de onda. Los que comprenden longitudes de onda entre 200 a 280 nm para la esterilización del agua, purificación del aire, detección de agentes biológicos y germicidas; para longitudes entre 280 a 380 nm se emplean en el campo de la medicina, en procesos fotoquímicos como

fototerapias, fotoquimioterapia y en la instrumentación biomédica [49, 50].

Otra de las aplicaciones y de las propiedades atractivas de los LEDs es la transmisión de datos a largas distancias mediante la comunicación óptica inalámbrica con LEDs de emisión de luz visible dejando atrás la transmisión de información por LEDs infrarrojos puesto que no pueden ser utilizados en lugares donde la interferencia electromagnética afecta la vida de las personas y el funcionamiento de los equipos [16, 49, 51].

3. APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA LED EN LA UIS

La Universidad Industrial de Santander cuenta con un gran número de espacios que emplean sistemas de iluminación convencionales, como fluorescentes en salones, auditorios y espacios interiores y sodio de alta presión o mercurio en exteriores.

El bajo nivel de eficacia luminosa de las fuentes empleadas al interior de la universidad y el encarecimiento del servicio de energía eléctrica, motivan la posible implementación de medidas que contribuyan al uso racional de la energía haciendo posible un ahorro financiero en el consumo energético mensual.

La tecnología LED se convierte en una alternativa de solución eficiente que contribuye al medio ambiente, además de ofrecer soluciones de bajo consumo energético y representar un ahorro financiero. En la tabla 2 se muestra un comparativo de las características de las fuentes de luz utilizadas en los espacios exteriores y los LEDs.

Los LEDs tienen ciertas ventajas en la mayoría de las características sobre las fuentes de iluminación convencionales como se observa en la tabla 2, constituyéndose como una tecnología con un amplio rango de aplicaciones, promoviendo soluciones sostenibles, además de ofrecer eficacias notables con un bajo consumo energético [23, 37].

Por otra parte los LEDs se distinguen por su ausencia de mercurio y presentan una larga duración en su vida útil [14], por lo tanto son considerados como una alternativa de iluminación artificial que brinda un amplio portafolio de soluciones en los diferentes espacios y en la creación de ambientes. En la figura 3 se presentan las posibles aplicaciones en el campus central de la UIS.

Tabla 2. Características de las fuentes de iluminación convencionales para uso exterior.

CARACTERÍSTICAS LUMINARIAS	VSAP (Sodio de alta presión)	MH (Halogenuros metálicos)	LED
Rendimiento de color (CRI)	40	80	75
Temperatura de color (°K)	2 100 a 3 500	4 100 a 5 500	2 800 a 7 000

¹⁸ Luz de fondo (retro iluminación)

¹⁹ Modulación de amplitud

²⁰ Modulación por ancho de pulso.

Rendimiento luminoso (lm/w)	130	80	110
Coefficiente de iluminación (%)	70	90	99
Vida útil promedio (h)	25 000	20 000	60 000
Estabilización luego de encendido (min)	15	10	0
Temperatura máx. En funcionamiento (°C)	600	120	60
Factor de potencia	0.95	0.97	0.98
Rendimiento energético (%)	40	70	>80
Robustez mecánica	Media	Media	Muy alta
Circuito auxiliar para arranque	Si	No	No
Contaminación luminosa	alta	media	No
Parpadeo	Si	No	No
Flujo luminoso instantáneo	No	No	Si
Efecto ON/OFF vida útil	Si	No	No
Uniformidad en el haz de luz	No	No	Si
Tiempo de encendido inicial (min)	3 a 4	2 a 3	Instantáneo
Condiciones eléctricas	AC	AC	DC
Aureola	Fuerte	Fuerte	No tiene

iluminación y las especificaciones técnicas que establece el RETILAP²¹, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la instalación y así mismo realizar un uso racional y eficiente de la energía [52].

4.1 Selección de las vías peatonales

La selección de las vías peatonales se estableció de acuerdo a la importancia de la vía y al flujo de peatones en las horas de la noche, teniendo en cuenta la necesidad de mejorar las condiciones de visibilidad del estudiante que transita por estas zonas.

Las vías seleccionadas son: La primera vía a ser iluminada está ubicada al frente del auditorio Luis A. Calvo y se extiende hasta el auditorio al aire libre José Antonio Galán, la segunda es la vía que sirve de acceso a los edificios de Ingeniería Mecánica, Camilo Torres, Centic e Ingeniería Química hasta llegar al edificio Jorge Bautista V y por último se realizará el diseño de iluminación de la plazoleta frente a la Biblioteca Central.

Este proyecto plantea una propuesta de iluminación con tecnología LED de alta eficacia lumínica que conlleve un uso racional y eficiente de la energía, con el fin de garantizar una solución más económica de iluminación, con el mejor resultado lumínico y los menores requerimientos de energía posibles, cumpliendo con todos los requisitos luminotécnicos de un proyecto de iluminación peatonal.

4.2 Evaluación de la situación actual

En la primera etapa del proyecto se realizó una inspección visual en las vías peatonales de la universidad con el acompañamiento de personal de la División de Planta Física. Durante esta etapa se recopiló información acerca del estado físico de las redes eléctricas, cajas de inspección, cajas de paso, postes y luminarias del área objeto de iluminación.

Durante la inspección de toda la instalación de alumbrado peatonal se observó el deterioro, ocasionado por el paso del tiempo, debido que son instalaciones de más de 30 años de uso, las cuales no han tenido un programa de mantenimiento. Por otro lado, se puede decir que algunas de las cajas de paso e inspección se encuentran ocultas debido a ampliaciones y remodelaciones que se han ido realizando en el campus, impidiendo el acceso a los empalmes de los conductores, los cuales no se encuentran diferenciados según el código de colores para conductores establecido en la NTC 2050²² como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Campos de aplicación en la UIS

4. PROPUESTA DE ILUMINACIÓN

La iluminación con LEDs está siendo ampliamente utilizada en aplicaciones decorativas y arquitectónicas; sin embargo, el constante progreso de la eficacia luminosa de la tecnología LED, ha logrado su expansión en el área de la iluminación exterior comenzando por el alumbrado peatonal y con una proyección a los sistemas de alumbrado público.

La universidad cuenta con espacios al aire libre como, escenarios deportivos, caminos peatonales y vías vehiculares, los cuales deben cumplir con los niveles de

²¹ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

²² Código Eléctrico Colombiano.



Figura 4. Cajas de paso

En relación a las luminarias se encontró, que su estado actual no garantiza el grado de hermeticidad IP requerido para las exigencias de este tipo de instalación, por otro lado no cumplen con los requisitos de tipo eléctrico y mecánico como encerramiento, conexiones y conjunto eléctrico [52]. En cuanto a las bombillas utilizadas, se encuentran de tipo sodio de alta presión de 70 W y de vapor de mercurio de 125 W, con una eficacia luminosa de 82 lm/W y 50 lm/W respectivamente. La figura 5 se muestra las luminarias actuales, con las que cuenta la universidad en las vías peatonales.



(a)



(b)

Figura 5. Luminarias actuales. (a) Luminaria de Sodio de alta presión. (b) Luminaria de mercurio tipo hongo.

Finalmente, con los datos obtenidos en la etapa anterior, se puede concluir que la mayoría de las instalaciones del sistema de alumbrado de este sector no cumple con los requisitos y preinscripciones técnicas del reglamento técnico de alumbrado público, y del mismo modo no se encontró un plan de mantenimiento.

4.3 Criterios de diseño

Para realizar una iluminación adecuada que permita el desarrollo normal de las actividades peatonales, no solo se deben cumplir los requerimientos específicos de un proyecto de alumbrado, sino también los principios generales de iluminación que se encuentran en el capítulo 5 del RETILAP.

El primero de los principios a tener en cuenta en el proyecto es la comodidad visual de la vía que depende de la calidad y la cantidad de luz suministrada por la fuente, sin ir a exceder los niveles de luminancia²³ e iluminancia²⁴ (tabla 3), que podrían causar deslumbramiento²⁵ al peatón.

Tabla 3. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.

Clase de Iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20	7,5
P2	10	3
P3	7,5	1,5
P4	5	1,0
P5	3	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No aplica	No aplica

Parte de la comodidad visual del sistema de iluminación depende de la uniformidad, grado de deslumbramiento y de la disposición de las fuentes de luz. El cumplimiento del coeficiente de uniformidad exigido por el RETILAP evita las molestias causadas por los cambios bruscos de iluminancia.

El reglamento también establece que uno de los objetivos del alumbrado es brindar seguridad a los usuarios del andén y demás zonas peatonales cercanas, que estén incluidas en el proyecto, permitiendo evitar o distinguir cualquier obstáculo en la vía.

Al igual que todos los requisitos mencionados anteriormente, la evaluación económica y financiera constituye una parte fundamental en el proyecto de alumbrado; esta incluye todos los costos de inversión, operación y mantenimiento conocidos como AOM, de cada una de las alternativas presentadas por el diseñador, luego de realizar en su totalidad el diseño fotométrico [52,53].

5. ALTERNATIVAS DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN PEATONAL CON TECNOLOGÍA LED

La incursión de los LEDs en los sistemas de iluminación tanto en vías peatonales como vehiculares, permite crear ambientes agradables con luz blanca cálida y fría. Además, a diferencia de las fuentes de luz comúnmente utilizadas para este tipo de aplicaciones

²³ Intensidad luminosa por unidad de superficie (cd/m²).

²⁴ (E) Densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie.

Unidad es el lux (lx)

²⁵ Es la sensación producida por las áreas brillantes dentro del campo de visión.

son fácilmente regulables en la variación de el color y la intensidad logrando, mayor flexibilidad y ahorro energético [35].

La variación de intensidad en los LEDs asegura el nivel de iluminación deseado, mediante la introducción de dispositivos electrónicos, permitiendo realizar el control del alumbrado mediante la telegestión y así reducir las pérdidas energéticas ocasionadas por los equipos eléctricos auxiliares [54]. Los LEDs necesitan un sólo dispositivo electrónico que trae incorporado el convertidor y el transformador de corriente con el fin de garantizar el valor de la corriente de alimentación de los LEDs y evitar el incremento en la temperatura que degrada elemento semiconductor y disminuye su vida útil [55].

Otra de las ventajas que ha impulsado el uso de los LEDs en aplicaciones exteriores es su larga vida útil de 50 000 horas, una cifra no alcanzada por ninguna de las fuentes de luz convencionales, esto representa una clara ventaja pues disminuye la frecuencia de mantenimiento a lo largo del proyecto y el consumo de energía por la mayor producción de *lúmenes/watt* [36]. Además, la tecnología LED permite encender de forma instantánea las luminarias y su flujo direccional orienta la luz con precisión al área deseada [41].

5.1 Selección de la luminaria LED

Para la propuesta de iluminación se debe tener en cuenta los requerimientos de un sistema de alumbrado peatonal y los requisitos que deben cumplir las luminarias que son demostrados en el certificado de conformidad de producto, el cual debe ser expedido por un organismo de certificación.

La importancia de seleccionar la luminaria más apropiada que presente las mejores interdistancias, altura de montaje y la menor potencia eléctrica depende de las características fotométricas, flujo luminoso, eficacia lumínica, IRC²⁶ y temperatura del color de la fuente, que se utilizará para realizar el diseño. Por esta razón, el RETILAP establece que parte de la responsabilidad de toda la instalación recae sobre los fabricantes, distribuidores e importadores de los equipos usados en el sistema de iluminación. Estos productos están obligados a cumplir con los requisitos que establece el reglamento con el fin de garantizar el buen funcionamiento y la calidad de la instalación [52].

Para el diseño de iluminación se realizó la comparación entre una luminaria marca A y una marca B, con el fin de establecer las diferencias entre las dos propuestas y obtener la luminaria que cumpla con los requerimientos luminotécnicos que establece el RETILAP, además de presentar la mejor interdistancia y uniformidad.

En la selección de la luminaria marca A, se compararon cuatro luminarias de tipo exterior y decorativo, con las cuales se realizaron los respectivos cálculos fotométricos y a partir de los resultados

obtenidos por el Software DIALUX, se establecieron los parámetros que se muestran en la Tabla 4 que permiten tener criterios de comparación entre las luminarias.

Tabla 4. Cuadro comparativo de Luminarias marca A.

ITEMS	LUMINARIAS LED			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Numero de LEDs	24	22	70	40
Flujo Luminoso [Lm]	3 288	2 065	7 350	6 460
Consumo [W]	69	30	170	95
Color de la luz	WW	WW	NW	NW
Altura de montaje [m]	8	8	10	8
Ángulo de inclinación [°]	15	0	10	0
Interdistancia [m]	13	13	15	15
Uniformidad	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple
Iluminancia	8,65	4,37	21	8,92
Precio	\$6 693 490	\$2 338 454	\$4 072 178	\$6 000 976

Como se observa en la tabla anterior las luminarias Tipo 1 y Tipo 2 cumplen con los requisitos mínimos de uniformidad e iluminancia y sus características físicas y ópticas permiten una buena distribución del flujo luminoso en la vía para asegurar el confort visual del peatón; de esta manera fue necesario realizar un pequeño análisis, que tuviera en cuenta el costo de las luminarias representado en el año cero y el costo en el ahorro de energía obtenido al cambiar las luminarias hasta los 11 años de vida útil como se muestra en la Tabla 5. Finalmente, a partir del resultado del valor presente neto de cada una de las alternativas se selecciona la luminaria Tipo 4 con la cual se obtiene el menor valor.

Tabla 5. Cuadro comparativo del cálculo del VPN.

AÑO	TIPO 1	TIPO 4
0	\$348 061 480	\$288 046 848
1	\$4 525 000	\$3 075 974
.	\$4 525 000	\$3 075 974
.	.	.
11	\$4 525 000	\$3 075 974
Costo Directo	\$298 286 477	\$254 211 131
VPN	\$310 474 953	\$262 496 531

Por otra parte, para el diseño con la luminaria marca B, fue necesario consultar a un asesor comercial, el cual fue el encargado de enviar la información acerca de las características de la vía y los requerimientos de iluminación a los ingenieros del departamento técnico, para desarrollar el diseño de iluminación con la disposición mas optima, la cual se logró con la luminaria Tipo 1 marca B a partir de los cálculos realizados con el Software comercial, ULYSSE.

²⁶ Índice de reproducción del color.

5.1.1 Resultados Luminotécnicos “Tipo 4 Marca A LED”

La luminaria Tipo 4 permite iluminar espacios con elegancia y confort, además su óptica simétrica rotacional permite bajos niveles de deslumbramiento y una distribución uniforme de la luz blanca, además brinda una solución energéticamente eficiente para el alumbrado urbano [56]. Su diseño sencillo y discreto como se muestra en la Figura 6 crea ambientes agradables, resaltando el paisaje nocturno.



Figura 6. Luminaria Tipo 4 Marca A LED

A partir del software Dialux utilizado para la elaboración del diseño y las características de la luminaria seleccionada (consignadas en la Tabla 6), es posible obtener los resultados en forma numérica de la luminancia promedio, uniformidad, iluminancia promedio y mínima, asimismo, realizar simulaciones con las cuales se pueda apreciar en forma visual, los resultados de la iluminación.

Tabla 6. Características luminarias Tipo 4

Luminaria	Tipo 4 LED
Tipo	BDP704 (versión LED)
Tipo de LED	LXML [LUXEON® Rebel]
Cantidad de LED	40
Color de luz	Blanco neutro (NW)
Consumo	95 W
Equipo	220 V / 60 Hz
Óptica	Colimadores para una distribución simétrico- rotacional

La altura de montaje, interdistancias, ángulo de inclinación de la luminaria, entre otros son algunos de los parámetros que proporciona el usuario con base a los requerimientos de iluminación y que son esencialmente necesarios para elaboración del diseño que presente los mejores resultados.

Luego de realizar simulaciones con diferentes parámetros, se obtuvo gran variedad de resultados, sin embargo, el diseño que cumple con los requisitos mínimos establecidos en el RETILAP, consta de 47 luminarias, con una interdistancia de 15 metros y altura de 8 metros en lugares con disposición unilateral y bilateral opuesta.

Por otra parte en la plazoleta frente a Biblioteca Central, se realizó el diseño mediante la herramienta, proyecto exterior del software, en la cual se puede crear el escenario a iluminar como se muestra en la Figura 7.

Mediante la inserción de elementos del ambiente, objetos decorativos y cuerpos de extrusión²⁷.

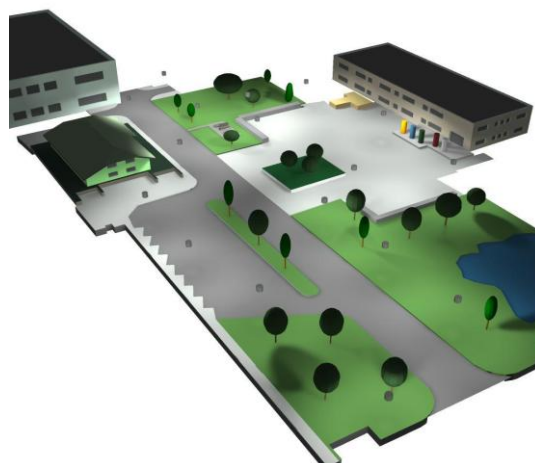


Figura 7. Rendering (procesado) 3D “Mecánica-Biblioteca”

Los resultados de iluminancia, según las características de la vía y la disposición de las luminarias se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados de iluminancia

	Unilateral	Bilateral Opuesta	Plazoleta
Eprom [lx]	8,92	13	9,9
Emin [lx]	7,93	11	1,27
Emax [lx]	10	15	17
Emin/Eprom	0,88	0,82	0,012
Emin/Emax	0,79	0,70	0,07

5.1.2 Resultados Luminotécnicos “Tipo 1 Marca B LED”

Isla LED es una solución completa de iluminación peatonal, principalmente en plazas, parques y callejones urbanos. Se caracteriza por el dominio del flujo luminoso emitido y evita la contaminación lumínica mediante el vidrio plano como cierre óptico.

La uniformidad y eficacia fotométrica permite mayor interdistancia entre luminarias, lo cual reduce el número de puntos de luz. La elegancia y robustez de su diseño como se muestra en la Figura 8, crea ambientes agradables con eficacia luminosa y visualmente confortables [57].

²⁷ Moldeado que se le hace a un cuerpo.



Figura 8. Luminaria Tipo 1 Marca B LED

Los resultados obtenidos a partir del software ULYSSE, para la disposición unilateral y bilateral opuesta, con la luminaria Tipo 1 Marca B LED, arrojó una interdistancia promedio de 14 metros, a una altura libre de 6 metros, con inclinación de 0° en la luminaria y con un número total de 49 luminarias. Las principales características de la luminaria recomendada se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Características – luminaria TIPO 1 LED

Luminaria	Tipo 1 Marca B LED
Tipo de LED	Cree XR-E
Cantidad de LED	34
Cantidad de LED (azul)	1
Color de luz	Blanco frío (6000K)
Consumo	41W
Equipo	227 V / 60 Hz
Hermeticidad	IP 66
Color	AKZO gris 900 enarenado

Teniendo en cuenta que la iluminancia es el parámetro que evalúa si los niveles de iluminación en los diferentes tipos de vías peatonales están en el rango adecuado, la tabla 9 muestra los resultados de iluminancia obtenidos por el software según la disposición de las luminarias. Los valores de iluminancia promedio, mínima y máxima, así como la uniformidad general y uniformidad longitudinal de la iluminancia obtenidos como resultado, garantizan el confort visual y evitan el fenómeno del deslumbramiento.

Tabla 9. Resultados de iluminancia en las vías.

	Unilateral	Bilateral Opuesta	Plazoleta
Emin [lx]	11	12	12
Emax [lx]	7	8	3
Emin/Eprom	0,64	0,63	0,29
Emin/Emax	0,53	0,51	0,14

5.2 Dimensionamiento de la instalación eléctrica

El dimensionamiento de un proyecto de alumbrado debe cumplir con los diferentes criterios de diseño tanto fotométricos como de la instalación eléctrica. El primer requisito que debe cumplir toda instalación de iluminación es no exceder al 4% en el porcentaje de regulación.

Los cálculos eléctricos de la red subterránea de alumbrado se realizaron teniendo en cuenta la metodología, especificaciones y exigencias mínimas de del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, la normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la Electrificadora de Santander y el RETIE²⁸ [58, 59,60].

Para el cálculo de los conductores de fase de la red subterránea, se tuvo en cuenta los lineamientos de la norma de la ESSA, en donde los calibres mínimos exigidos son No 8 AWG en aluminio y No 10 en cobre de aislamiento de 600V a 75°C, para nuestro caso particular la red será construida en cobre [56].

En cada una de las propuestas, existen dos circuitos alimentadores en toda la instalación, uno se deriva del transformador del edificio de Administrativo I y otro del transformador de Camilo Torres. Las luminarias al igual en las dos alternativas son distribuidas en cuatro circuitos y son conectadas al transformador más cercano.

Cada una de las luminarias independientemente de la alternativa, cuenta con su propia caja de inspección de dimensiones 20cm*20cm*20cm prefabricada. Para el dimensionamiento del sistema de iluminación de cada alternativa, se partió del cálculo de la demanda individual de la luminaria y seguidamente se inicio la construcción de la matriz de cálculos la cual se encuentra anexada al final del documento.

Los resúmenes del sistema eléctrico que se presentan en las Tablas 10 y 11, comprenden los resultados de los cálculos de los calibre de los conductores, diámetro de la tubería, protecciones y especificaciones de los transformadores.

Tabla 10. Resumen eléctrico Marca A

Marca Led UrbanScene	
Potencia [W]	112
Dmáx unitaria [kVA]	117,89
Dmáx total [kVA]	5776,61
Tipo de Luminaria	Tipo 4
No de luminarias	47
Poste	Troncocónico de 8 m
TRANSFORMADORES	
Camilo Torres	500 kVA – 13200 / 216 – 124,7 V
Administrativo I	200 kVA – 13200 / 220 – 127 V
Circuito 1	
Conductor de fase	Calibre 8 y 10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	1" y 3/4"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 2	
Conductor de fase	Calibre 10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 3	
Conductor de fase	Calibre 8 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	1"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 4	
Conductor de fase	Calibre 10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	14 AWG THW

²⁸ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

En la sección de la red subterránea que corresponde al ducto que comunica el poste con la cámara de inspección la norma ESSA establece que debe ser de tubo conduit de PVC, por otra parte se utilizará el cable de calibre No 14 en cobre en ambas alternativas, para el conductor utilizado desde la caja de inspección de la luminaria hasta la cima.

Tabla 11. Resumen eléctrico Marca B

Isla Led	
Potencia [W]	51,8
Dmáx unitaria [kVA]	54,52
Dmáx total [kVA]	2235,32
Tipo de Luminaria	TIPO 1
No de luminarias	49
Poste	Troncocónico de 6 m
TRANSFORMADORES	
Camilo Torres	500 kVA – 13200 / 216 – 124,7 V
Administrativo I	200 kVA – 13200 / 220 – 127 V
Circuito 1	
Conductor de fase	10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 2	
Conductor de fase	10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 3	
Conductor de fase	10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	12 AWG THW
Circuito 4	
Conductor de fase	10 Cu AWG THW
Ducto [pulg]	3/4"
Conductor de puesta a tierra	14 AWG THW

5.3 Análisis Financiero

Una de las partes fundamentales en la evaluación de un proyecto es el análisis financiero en el cual se determinan los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, facilitando la toma de decisiones por parte del inversionista.

Para cada una de las alternativas se realizó el análisis unitario teniendo en cuenta la existencia y disponibilidad de los recursos a utilizar en cada una de las partes del sistema de iluminación teniendo en cuenta los costos reales del mercado, suministrados por empresas que suministran materiales del sector eléctrico y de la construcción.

Luego de la determinación del costo total de la obra, el cual fue determinado a partir de la tabla de recursos, el análisis de precios unitarios y el formulario de cantidades y precios, se determinaron los costos de administración, operación y mantenimiento para un proyecto de inversión.

Los costos de administración están constituidos por los costos de dirección provenientes de las tareas administrativas que se desarrollan dentro de la empresa, que en este caso están compuestos por el pago salarial de una secretaria y un ingeniero. Los costos de operación están representados en el costo de la energía eléctrica y los de mantenimiento son aquellos que implican una revisión periódica de una parte del sistema

y lo integran la limpieza de las luminarias y las cajas de inspección; finalmente todo los costos anteriormente mencionados, que son considerados flujos futuros son llevados a presente para determinar si se acepta o no el proyecto.

La Tabla 12 muestra los resultados del análisis de costos del proyecto utilizando las luminarias Tipo 4 Marca A, y Tipo 1 Marca B como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Costos generales del proyecto.

PARAMETROS	Marca A	Marca B
Luminaria	Tipo 4	Tipo 1
No. Luminarias	47	49
Consumo Unitario [W]	117,89	54,52
Costo Total de la Obra	\$ 542 553 892	\$ 380 817 704
Costo total VPN del AOM	\$ - 49 922 484	\$ 16 861 633
Costo total del Proyecto	-\$ 592 476 376	-\$ 363 956 070

Con el resultado obtenido en el costo total de ambas alternativas es posible determinar la viabilidad del proyecto, aun así los dos resultados obtenidos son negativos, esto significa que no existe un buen rendimiento del dinero en esta inversión, sin embargo, existen otros factores que hacen atractivo el proyecto, como el VPN obtenido de los costos de operación y la necesidad de desarrollar una iluminación sostenible.

Otro método simplificado para realizar el análisis y la evaluación financiera es el método de costos individuales, presentado en la Tabla 13, el cual permite identificar las ventajas y comparar la rentabilidad de las dos alternativas.

Tabla 13. Costos individuales

COMPARACION LEDS		
PARÁMETROS	Tipo 4	Tipo 1
Potencia Nominal	95	40.8
Potencia Real (Con Perdidas)	112	51.8
Numero de Luminarias	1	1
Número de Horas por Año	4380	4380
Costo KWH.	\$365,96	\$365,96
Costo Luminaria	\$6 000 976	\$3 489 850
Costo Instalación	\$40 000	\$40 000
Inversión Inicial	\$6 040 976	\$3 529 850
Vida Útil (En Horas)	50 000	50 000
Amortización Anual	\$549 180	\$320 895
Financiación Inversión 12% anual	\$724 917	\$423 582
Costo Financiero	\$1 274 097	\$744 477
Reemplazo Kit anual	0,0876	0,0876
Mano de Obra Cambio	40 000	40 000
Costo Material Reemplazo	\$1 800 000	\$1 800 000
Costo Mantenimiento	\$161 184	\$161 184
Costo Energía	\$179 525	\$83 030
Costo Total	\$7 655 782	\$4 518 542
Costo Operativo	\$1 614 806	\$988 692

Finalmente, la alternativa que establece el ahorro más significativo en el consumo de energía y la inversión que presenta una rentabilidad económica aceptable, además de otras ventajas, es el diseño con la luminaria Tipo 1 Marca B.

6. CONCLUSIONES

La tecnología LEDs se manifiesta como una fuente de iluminación de gran versatilidad, de la cual sobresalen características como bajo consumo energético, robustez, durabilidad, brillo, alta eficacia luminosa y control de la luz. Además, permite generar ambientes visualmente atractivos debido a la producción de infinidad de colores que dependen de los compuestos utilizados en su construcción.

La evolución rápida y constante de los LEDs ha logrado que estos tengan un papel importante en el desarrollo de sistemas de iluminación eficientes de alta calidad. Su flexibilidad permite crear efectos dinámicos que renuevan la estética del entorno y generan ambientes agradables, debido, que tienen una buena reproducción del color y posibilitan la creación de fotometrías que satisfacen las distintas necesidades de iluminación optimizando los sistemas ópticos.

Se pudo obtener un sistema de iluminación sostenible basado en tecnología LED, que aporta ventajas económicas por su durabilidad y bajo mantenimiento. El diseño es una solución de bajo consumo que contribuye a reducir el impacto medio ambiental, debido que disminuye considerablemente las emisiones de CO₂.

La propuesta seleccionada es la alternativa con mejor comportamiento financiero, que aunque en su implementación no reporte beneficios; constituye una propuesta que contribuye al uso racional de la energía y a la protección del medio ambiente, además cumple con los niveles de iluminación requeridos y las exigencias establecidas en las normas que regulan las instalaciones eléctricas.

La tecnología LED permite sobrellevar la situación en cuanto a la disponibilidad de energía eléctrica en hogares del tercer mundo, con alimentación autónoma de energía a través paneles solares u otras fuentes de energía alternativa.

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que todo sistema de iluminación requiere de un programa de mantenimiento que facilite la administración y operación del mismo para garantizar la vida útil del equipo y la luminaria.

REFERENCIAS

[1] H. Jaramillo Díaz. "Gestión energética en la industria". Estudios Gerenciales. Vol. 73, Julio 2006. Disponible: http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/item/213 [Citado 26 de Noviembre de 2009]

[2] ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS. "Reforma de Políticas sobre energía renovable en América y el Caribe". Series sobre los elementos de políticas, vol. 5, pp. 1-2 Diciembre de 2004. Disponible: http://www.oas.org/dsd/policy_series/5_spa.pdf [Citado 26 de Noviembre de 2009]

[3] R. Ramirez P. "Sostenibilidad y Eficiencia energética en la Industria", Leonardo Energy, Marzo de 2008, pp. 1-7. Disponible: <http://www.scribd.com/doc/23525965/Eficiencia-Energetica-en-la-Industria> [Citado 26 de Noviembre de 2009]

[4] GREENPEACE. "LED: Diodos Emisores de Luz Información de la Tecnología", Iluminación Eficiente: primer paso hacia una revolución energética. Disponible: <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/cambio-climatico/revolucion-energetica/eficiencia-energetica/leds.pdf> [Citado 26 de Noviembre de 2009]

[5] R. A. Pinto, M. Cosetin, T. B. Marchesan, M. C. A. Campos And R. Prado. "Compact Lamp Using High- Brightness LEDs", Agosto de 2008, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 15 de Enero de 2009]

[6] M. P. Dias; D. Pinto Pereira And E. A. C. Braga, "Simplified Technique of Lighting Performance Evaluation Applied to LED-Based Modern Luminaires", Septiembre 2009, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 22 de febrero de 2010]

[7] A. Martínez García, A. Valero Delgado, A. Aranda Usón, I. Zabalza Bribian, S. Scarpellini "Libro disminución de Costes energéticos en la Empresa. Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética", FC Editorial, Madrid 2006, p.p. 13-56.

[8] Ministerio de Minas y Energía. Decreto 3450. Disponible: http://www.goodleds.com/colombia/desc/normas/decreto_3450_2008.pdf [Citado 18 de Febrero de 2010]

[9] M.G. Craford. "Visible LEDs: Past, Present and Future". 2007, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 22 de febrero de 2010]

[10] J. García Fernández and O. Voix, Clases de Lámparas De Descarga. Disponible: <http://edison.upc.es/curs/llum/lamparas/ldesc2.html> [Citado 15 de enero de 2010]

[11] EARTHEASY, "Energy Efficient Lighting". Disponible: http://www.eartheasy.com/live_energyeff_lighting.htm. [Citado 20 de enero de 2010]

[12] GREENPEACE, "El mercurio y los focos ahorradores", Disponible: <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/mercurio.pdf>

[13] R. Mehta, D. Deshpande, K. Kulkarni, S. Sharma And D. Divan. "LEDs – A Competitive Solution for General Lighting Applications", Noviembre de 2008, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 25 de febrero de 2010]

[14] Z. Ye, F. Greenfeld, And Z. Liang. "Design Considerations of a High Power Factor SEPIC Converter for High Brightness White LED Lighting Application". Agosto 2008, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 25 de febrero de 2010]

[15] S. Ping Ying, C.-W. Tang And B.-J. Huang. "Charaterizing LEDs for Mixture of Colored LED light sources", Diciembre de 2006, p.p.1-2, Descargado en formato PDF. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 25 de febrero de 2010]

[16] R. DUPUIS and M. R. Krames, "History, Development and Applications Of High – Brighness Visible Light – Emitting Diodes., IEEE. Septiembre 2008, p.p. 1-9. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 25 de febrero de 2010].

[17] EXCMO. SR. D. ELÍAS MUÑOZ MERINO. Nuevos Semiconductores, Nuevas Dimensiones, Nuevas Luces. Iluminación Por "Chips" En El Nuevo Siglo XXI. Editado por la Real Academia de la Ingeniería. Madrid – España 2009. Disponible en internet: URL:< www.real-academia-de-ingenieria.org/docs/.../12180001_4_8_0.pdf [Citado 29 de febrero de 2010].

[18] E. Fau De Casa, J. Martín, J. Sanchez Soriano And T. Antón Escobar. Uso de los LEDs en Iluminación. Abril de 2007. Disponible: <http://infoleds.wordpress.com/> [Citado 29 de febrero de 2010].

[19] M.G CRAFORF. Recent developments in Light- Emitting – Diode Technology. 1977. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 22 de febrero de 2010].

[20] LAKE SHORE CRYOTRONICS, INC. GaAlAs Diodes. Disponible: http://www.lakeshore.com/pdf_files/sensors/LSTC_GaAlAs_1.pdf

[21] S. NATHAN, N. SHAMMAS AND S. GRAINGER, "The Future of High-Power Conventional semiconductor Based Light Emitting Diodes (Leds) Against Organic Light Emitting Diodes (Oleds)", Septiembre de 2007, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 10 de Marzo de 2010].

[22] Ing. M. Gustavo. Información Sobre LEDs, Historia y Tecnologías Actuales. Buenos Aires, Argentina. Disponible: <http://www.todopic.com.ar/led.html> [Citado 15 de Marzo 2010].

[23] D. A. Steigerwald, J. C. Bhat, D. Collins, R. M. Fletcher, M. Ochiai Holcomb, M. J. Ludowise, P. S. Martin And S. L. Rudaz, "Illumination whit solid state lighting technology", Febrero de 2002, p.p. 1-9. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 15 de Marzo 2010].

[24] F.K. YAM AND Z. HASSAN. "Innovative advance in LED technology", Noviembre de 2004, p.p. 1-3. Disponible: www.elsevier.com/locate/mejo [Citado 25 de Marzo 2010].

- [25] V. A., Mishournyi, I.C. Hernández Del Castillo, A.Yu. Gorbachev And A. Lastras Martínez, “Tecnologías epitaxiales de crecimiento de cristales semiconductores”, Avance y perspectiva, Vol Enero de 2002. Disponible: <http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Rvistas/Avance%20y%20perspectiva/enefeb02/3%20MISHO.pdf>
- [26] REVISTA LUMINET. El creador de los LEDs es reconocido por su aporte a la humanidad, Noviembre de 2008. Disponible: <http://www.iluminet.com.mx/leds/el-creador-de-los-leds-es-reconocido-por-aporte-a-la-humanidad/> [Citado 3 de Mayo 2010].
- [27] M. Riordan, “Tales of Nakamura. Bright lights, piles of cash, courtroom drama and a lone inventor”, Mayo de 2007, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 3 de Mayo 2010].
- [28] S-J. Chang, W. S. Chen, S. C. Shei, C. T. Kuo, T.K. Ko, C. F. Shen, J. M. Tsai, W-C. Lai, J-K. Sheu and A.J.Lin, “High- Brightness InGaN – GaN Power Flip – Chip LEDs”, Journal of Lightwave Technology, Vol. 27, No 12, Junio de 2009, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 8 de Mayo 2010].
- [29] M H. Crawford. LEDs for Solid- StateLighting: Performance Challenges and Recent Advances, Julio/Agosto de 2009, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 8 de Mayo 2010].
- [30] A. Ben Sevitosi. “New Technologies For Rural Lighting in Developing Countries: White LEDs”, Transactions on energy conversion, vol.22, No 3, Septiembre de 2007, p.p. 1-2 Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 12 de Mayo 2010].
- [31] M. Wendt And J. W. Andriess, “LEDs in Real Applications: from Niche Markets to General Lighting”, Junio de 2006, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site>, [Citado 12 de Mayo 2010].
- [32] LEDZED Luces LED y el medio ambiente. 2009. Disponible: <http://ledzed.com/index.php/es/LUCES-LED-Y-EL-MEDIO-AMBIENTE.html>
- [33] Liu, Yung S. “Advances of lighting technologies – From light bulbs to solid state light source - from light bulbs to solid state light sources”, Octubre de 2007, p.p. 1-3 Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site>. [Citado 12 de Mayo 2010].
- [34] L. Svilainis. “LED brightness control for video display application”, Mayo de 2008, p.p. 1-2. Disponible: www.sciencedirect.com, [Citado 24 de Mayo 2010].
- [35] PHILIPS. Philips iluminación LED: más que una nueva tecnología de alumbrado. Junio de 2009. Disponible: http://www.newscenter.philips.com/es_es/standard/about/news/pressreleases/alumbrado/info_leds.vpd[Citado 24 de Mayo 2010].
- [36] A.K. Mukerjee, “Comparison of CFL- based and LED- based solar lanterns, Energy for Sustainable Development, Vol. 11, No 3, Septiembre de 2007, p.p. 1-2. Disponible: www.elsevier.com/locate/mejo [Citado 24 de Mayo 2010].
- [37] N. Narendran and Y.GU, “Life of LED-Basaded White Light Sources”, OSA Journal of Display Technology, Vol.1, No1, Septiembre de 2005, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 25 de Mayo 2010].
- [38] METROLIGHT, “Environmental Lighting”, Zaragoza - España. Disponible: http://www.metrolight-es.com/catalogo_leds_quees.htm [Citado 28 de Mayo 2010].
- [39] Y. Aoyama And T.Yachi, “An LED Module Array System Designed for Streetlight Use”, Noviembre de 2008, p.p. 1-3. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site>. [Citado 28 de Mayo 2010].
- [40] CML INNOVATIVE TECHNOLOGIES. LED Binning Provides Uniformity In Both Colour and Brightness. Octubre 26 de 2007. Disponible: <http://www.electronicsspecifier.com/Displays-and-Keyboards/LED-binning-provides-uniformity-in-both-colour-and-brightness.asp> [Citado 24 de Mayo 2010].
- [41] SCHRÉDER, LEDs ¿El futuro de la iluminación?, Disponible: http://www.schreder.com/documents/_Dossier/PDF/Spanish/200805071620002/LEDsTheFutureOfLightingES.pdf [Citado 7 de Junio 2010].
- [42] PHILIPS LIGHTING. Tendencias y Soluciones. Primavera 2008. Disponible: www.lighting.philips.com/.../philips_booklet_luminarias_2008_w1.pdf [Citado 7 de Junio 2010].
- [43] B. Ackermann; V. Schulz; C. Martiny; A.Hilgers And X. Zhu, “Control of LEDs”, Junio de 2006, p.p. 1-4, Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 7 de Junio 2010].
- [43] PHILIPS LIGHTING. Soluciones Philips en iluminación con LEDs. Innovación, libertad, flexibilidad y diseño para crear ambientes Disponible: <http://www.luz.philips.com.co/archives/Varejo%20-%20ESP.pdf> [Citado 16 de Junio 2010].
- [44] K.H. Loo; W.-K. Lun, S.-C.Tan; Y.M. Lai And C. K. Tse. “On The Driving Techniques for High-Brightness LEDs”, Septiembre de 2009, p.p. 1-2, Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 16 de Junio 2010].
- [45] LEDs ayudan al crecimiento de las plantas, Abril de 2005, Disponible: http://electronicsonline.com/noticias/notas.php?id=A2241_0_1_0_M [Citado 16 de Junio 2010].
- [46] LEDs MAGAZINE. Plant growth gets the red light from Showa Denko, Abril 2009, Disponible: <http://www.ledsmagazine.com/news/6/4/5> [Citado 5 de Julio 2010].
- [47] LEDs MAGAZINE. LED plant grow light launched by LEDKE. 4 Enero 2010. Disponible: <http://www.ledsmagazine.com/press/20776> [Citado 5 de Julio 2010].
- [48] W. Grzesiak, M. Ciez, S. Nowak; W. Zaraska, F. Dubert And I. Czyczylo- Mysza, “Application of PV Powered High Intensity LEDs for Supplementary Irradiation of Horticultural Plants”, Junio de 2006, p.p. 1-2. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 5 de Julio 2010].
- [49] Krames, M.R. Amano, H. Brown And J.J. Heremans, “Introduction to Issue on High-Efficiency Light-Emitting Diodes”, IEEE Journal on selected topics in quantum electronics, Vol. 8, No 2, Marzo/Abril 2002, p.p. 1-4, Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 8 de Julio 2010].
- [50] R. Gaska; M.S. Shur And J. Zhang, “Physics and Applications of Deep UV LEDs”, Junio de 2006. Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 13 de Julio 2010].
- [51] K.-D. Langer; J. Vucic; C. Kottke; L. Fernandez Del Rosal, S. Nerreter And J. Walewski, “Advances and Prospects in Hight-Speed Information Broadcast Using Phosphorescent White-Light Leds”, Septiembre de 2009, p.p. 1-3, Disponible: <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 13 de Julio 2010].
- [52] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP”, Ministerio de Minas y Energía, Bogotá, 2010.
- [53] REGLAMENTO TÉCNICO DE ALUMBRADO PÚBLICO BUCARAMNGA, Noviembre de 2008.
- [54] SCHRÉDER. Mejor Iluminación con menos energía. Disponible: www.schreder.com/documents/_Dossier/PDF/Spanish/200912101418330/DossierLumiereDurableES.pdf [Citado 22 de Julio 2010].
- [55] Marco A. D. Costa, Guilherme H. Costa, Anderson S. dos Santos, Luciano Schuch and José Pinheiro. “A high Efficiency Autonomous Street Lighting System Base on Solar Energy and LEDs”, Septiembre de 2009, pp 1-9. <http://www.ieee.org/portal/site> [Citado 4 de Agosto 2010].
- [56] PHILIPS. Inspiración e información: Descripción de productos y soluciones con LEDs, Disponible: http://www.lighting.philips.es/pwc_li/main/shared/assets/downloads/inspiration_information.pdf [Citado 25 de Agosto de 2010]
- [57] Revista grupo SCHRÉDER. Actuar Verde. La luz Sostenible.
- [58] NORMAS PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Electrificadora de Santander ESSA. 2005
- [59] CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. NTC 2050 Icontec. 2002.
- [60]REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Ministerio de Minas y energía. Bogotá.

ANEXOS

1. ALTERNATIVA TIPO 4 DE MARCA A

1.1 RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Tipo de Servicio	Iluminación Vial
Carga Instalada [kVA]	5659,2
Demanda Máxima [kVA]	5659,2
Regulación en alumbrado público máxima [%]	4
Perdidas de Potencia máxima [%]	5
Factor de potencia	0,95
Potencia [W]	95
Equipo Electrónico [W]	17
Luminaria	Led Tipo 4
Nº de Luminarias	47
Acometida BT	Subterránea
Potería	Troncocónico de 8 m
Nº de postes	47
CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	
Camilo Torres	500 kVA – 13 200 / 216 – 124,7 V
Administrativo I	200 kVA – 13 200 / 220 – 127 V

1.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Las cargas serán básicamente luminarias (Marca A) de Leds Tipo 4 para el alumbrado con un total de 47, distribuidas en 4 circuitos. La carga objeto corresponde al consumo propio de las lámparas más el respectivo equipo electrónico de cada una de las luminarias, con una potencia de 95 W, el equipo electrónico 17 W a un factor de potencia de 0,95. La tensión de servicio de cada una de las luminarias es: en el transformador del Camilo Torres 216 V y en el transformador de Administrativo I 220 V.

1.2.2 CARACTERÍSTICAS EN BAJA TENSIÓN

1.2.2.1 Red de Baja Tensión

La red de baja tensión será subterránea, se construirán 4 circuitos distribuidos de la siguiente forma: Circuito 1 en calibre 10 y 8 AWG THW en dos sectores diferentes y ducto de $\frac{3}{4}$ y 1 pulgadas, el circuito 2 y 4 en calibre 10 AWG THW, ducto de $\frac{3}{4}$ pulgadas y el circuito 3 en calibre de 8 AWG THW con ducto de 1.

1.2.2.2 Acometidas

Desde las cajas de derivaciones ubicadas en la base de cada poste que conforman la red hasta cada luminaria con una longitud total de 8 m, el conductor será calibre Nº 14 AWG THW, que circulara a través de los soportes que sustentaran las luminarias.

1.2.2.3 Cajas de Inspección

Se utilizarán cajas de inspección a distancias no mayores a 40 metros, de dimensiones 20*20*20 cm prefabricada.

1.2.2.4 Postería

La totalidad de los postes serán metálicos en acero galvanizado en caliente de 8 m libres, con refuerzo de concreto en la base.

1.2.2.5 Protecciones

Se instalará 1 interruptor automático que será alojado en el tablero de control de la subestación de Administrativos I de 3x20 [A] que protege los circuitos 1,2 y 3. Para el circuito 4: (1) interruptor de 3x15 A. Las luminarias tendrán un horario de encendido controlado por un timer.

1.2.2.6 Conductor de Puesta a Tierra

Por cada una de las tuberías irá un conductor de puesta a tierra claramente identificado: para el circuito 1, 2,3 N° 12 AWG THW y N° 14 AWG THW para el circuito que sale de la subestación Camilo Torres.

1.3 MEMORIA DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

En esta sección se consignarán las limitantes fundamentales para el diseño de la propuesta basadas en la “Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la Electrificadora de Santander S.A.”, el código Eléctrico Nacional (Normas 2050), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) con el fin de encaminar la propuesta hacia un resultado final confiable y con la mejor propuesta económica. El diseño de la red eléctrica es consecuencia del diseño del sistema de iluminación.

1.3.1 CALCULO DE LA DEMANDA [kVA]

$$Demanda\ individual = \frac{(Potencia\ de\ la\ lampara + Equipo\ electronico)}{Factor\ de\ potencia}$$

$$Demanda\ individual = \frac{(95 + 17)}{0,95} = 117,89 [kVA]$$

$$Demanda\ Total = (Número\ de\ luminarias) \times (Demanda\ Individual)$$
$$Demanda\ Total = (48) \times (117,89) = 5659,2 [kVA]$$

1.3.2 MATRICES DE CÁLCULO

En la matriz de cálculo estarán contenidos los datos correspondientes al análisis de la red para cada uno de los transformadores. Las ecuaciones para cada una de las columnas de la matriz están dadas por:

1.3.2.1 Demanda máxima por tramo [kVA]

$$S = \frac{(Demanda\ individual) * (Numero\ de\ luminarias)}{1000} [kVA]$$

1.3.2.2 Potencia (P [W])

$$P = S * FP [W]$$

1.3.2.3 Corriente [A]

Corriente por tramo para el caso de trifásico

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} [A]$$

Para el caso bifásico

$$I = \frac{S}{V_L} [A]$$

1.3.2.4 Momento M [kVA×m]

$$\text{Momento} = S * \text{longitud} [kVA * m]$$

1.3.2.5 Sumatoria de Momentos ($\sum Mi [kVA \times m]$)

Es la suma total de los momentos producidos en cada tramo del circuito.

1.3.2.6 Constante de Regulación (Kg) Teórico

Se tuvo en cuenta la regulación máxima $\delta r\% \leq 4$. Permitida por la norma ESSA.

$$K_g = \frac{\delta r\% * V_l}{f_c * M_{total}}$$

f_c = factor de corrección

δr = regulación tensión

V_l = voltaje de línea

Para la red de distribución el f_c es 1 para trifásicas y 2 para bifásicas

1.3.2.7 Constante de Regulación (Kg) Real

Es el valor menor o igual al Kg teórico que se encuentra en la tabla de la ESSA de Kg para un factor de potencia de 0.95.

Calibre AWG	KG Baja Tensión				
	FP				
	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36
8	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368

1.3.2.8 La regulación por tramo es igual

$$\delta\% = \frac{f_c * K_g * M_{total}}{V_l} [\%]$$

1.3.2.9 Regulación acumulada

Es la suma de las regulaciones parciales en un circuito desde el primer hasta el último tramo.

$$\delta_{acum}\% = \sum \delta\%$$

1.3.2.10 Pérdidas de potencia parciales

Se tuvo en cuenta las máximas pérdidas de potencia $P_p\% \leq 5$, permitidas por la norma ESSA

$$P_p\% = \frac{0.0001 * n * I^2 * r * l}{S * f_p} [\%]$$

$r =$ resistencia del conductor $\left[\frac{\Omega}{km} \right]$, $f_p =$ factor de potencia, $n =$ numero de fases y

$l =$ longitud del tramo [m].

1.3.3 CALIBRES

Las matrices de los cálculos eléctricos se encuentran al final del documento.

1.3.3.1 Circuito n°1,2,3 "Subestación de Administrativo I"

- El calibre se seleccionará teniendo en cuenta la regulación máxima ($\leq 4\%$) en el punto más lejano, y la corriente según la ESSA.
- El calibre del circuito 1 el cual alimentará un grupo de 3 luminarias y otro de 11 Luminarias de 112 W será N° 8 AWG THW, con $K_g=227,585$, y 10 AWG con un $K_g=353,67$, ducto de 1 y 3/4 pulgadas.
- El calibre del circuito 2 el cual alimentará un grupo de 7 luminarias de 112 W será N° 10 AWG THW, con $K_g=353,67$ para todos los tramos, ducto de 3/4 pulgadas.
- y el circuito 3 el cual alimentará un grupo de 16 luminarias de 112 W será 8 AWG $K_g= 227,585$ para todos los tramos, ducto de 1 pulgada.
- La conexión desde la caja hasta la luminarias será en calibre N° 14 AWG, $K_g = 886,377$, y $L=8m$. Este conductor ira a través de los postes metálicos. calibre de tierra N° 12 AWG.

LONGITUDES					CARACTERISTICA DE LA CARGA						NOMINAL CTE [A]	MOMENTO [KVA*m]	REGULACION [%]				CALIBRE		PERDIDAS DE POTENCIA [%]		
TRAMO		LONG. (m)			P [w]	S [KVA]	FASE	FP	TIPO	MAT			Kg	PERM.	PARCIAL	TOTAL	CALIBRE		r [ohm/km]	PARCIAL	TOTAL
Inic	Fin	V	H	Total													FASE	TIERRA			
TGBT 1	CI#1	1	62.4	63.58	4144.185	4.3623	3	1	Alumbrado Publico	cu	11.448	277.355	227.585	4	1.30417	1.304	Cu 8	cu 12	2.58	1.5563	1.556
CI#1	CI#2		32.2	32.17	1568.07	1.6506	2	1	Alumbrado Publico	cu	3.751	53.100	227.585	4	0.49937	1.804	Cu 8	cu 12	2.58	0.1490	1.705
CI#2	BL6		6.23	6.23	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	2.204	227.585	4	0.02072	1.824	Cu 8	cu 12	2.58	0.0062	1.711
BL6	L6	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.859	Cu 14		10.47	0.0107	1.722
BL6	BL5		15	15	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	3.537	227.585	4	0.03326	1.892	Cu 8	cu 12	2.58	0.0099	1.732
BL5	L5	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.927	Cu 14		10.47	0.0107	1.743
BL5	BL4		15	15	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.769	227.585	4	0.01663	1.943	Cu 8	cu 12	2.58	0.0050	1.748
BL4	L4	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.978	Cu 14		10.47	0.0107	1.759
CI#2	BL7		23.2	23.19	1232.055	1.2969	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.948	30.075	227.585	4	0.28284	2.261	Cu 8	cu 12	2.58	0.0844	1.843
BL7	L7	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.295	Cu 14		10.47	0.0107	1.854
BL7	BL8		15	15	1120.05	1.179	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.680	17.685	227.585	4	0.16632	2.461	Cu 8	cu 12	2.58	0.0496	1.903
BL8	L8	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.496	Cu 14		10.47	0.0107	1.914
BL8	BL9		15	15	1008.045	1.0611	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.412	15.917	227.585	4	0.14968	2.646	Cu 8	cu 12	2.58	0.0447	1.959
BL9	L9	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.680	Cu 14		10.47	0.0107	1.969
BL9	BL10		15	15	896.04	0.9432	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.144	14.148	353.67	4	0.20677	2.887	Cu 10	cu 12	4.13	0.0635	2.033
BL10	L10	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.922	Cu 14		10.47	0.0107	2.044
BL10	BL11		11	11.01	784.035	0.8253	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.876	9.087	353.67	4	0.13280	3.054	Cu 10	cu 12	4.13	0.0408	2.084
BL11	L11	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.089	Cu 14		10.47	0.0107	2.095
BL11	BL12		28.5	28.51	672.03	0.7074	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.608	20.168	353.67	4	0.29474	3.384	Cu 10	cu 12	4.13	0.0906	2.186
BL12	L12	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.418	Cu 14		10.47	0.0107	2.197
BL12	BL13		15	15	560.025	0.5895	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.340	8.843	353.67	4	0.12923	3.547	Cu 10	cu 12	4.13	0.0397	2.236
BL13	L13	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.582	Cu 14		10.47	0.0107	2.247
BL13	BL14		15	15.01	448.02	0.4716	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.072	7.079	353.67	4	0.10345	3.685	Cu 10	cu 12	4.13	0.0318	2.279
BL14	L14	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.720	Cu 14		10.47	0.0107	2.290
BL14	BL15		15	15	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	5.306	353.67	4	0.07754	3.798	Cu 10	cu 12	4.13	0.0238	2.313
BL15	L15	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.832	Cu 14		10.47	0.0107	2.324
BL15	BL16		18.2	18.16	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	4.282	353.67	4	0.06258	3.895	Cu 10	cu 12	4.13	0.0192	2.343

BL16	L16	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.929	Cu 14		10.47	0.0107	2.354
BL16	BL17		15	15.02	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.771	353.67	4	0.02588	3.955	Cu 10	cu 12	4.13	0.0080	2.362
BL17	L17	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.990	Cu 14		10.47	0.0107	2.373
CI#1	BL3		15.7	15.65	784.035	0.8253	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.876	12.916	353.67	4	0.18876	1.493	Cu 10	cu 12	4.13	0.0580	1.614
BL3	L3	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.527	Cu 14		10.47	0.0107	1.625
BL3	BL2		15	15	672.03	0.7074	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.608	10.611	353.67	4	0.15507	1.683	Cu 10	cu 12	4.13	0.0477	1.673
BL2	L2	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.717	Cu 14		10.47	0.0107	1.683
BL2	BL1		15	15	560.025	0.5895	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.340	8.843	353.67	4	0.12923	1.846	Cu 10	cu 12	4.13	0.0397	1.723
BL1	L1	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	1.881	Cu 14		10.47	0.0107	1.734
BL1	BL21		28.6	28.63	448.02	0.4716	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.072	13.502	353.67	4	0.19732	2.078	Cu 10	cu 12	4.13	0.0606	1.795
BL21	L21	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.113	Cu 14		10.47	0.0107	1.805
BL21	BL20		15	15.02	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	5.313	353.67	4	0.07764	2.190	Cu 10	cu 12	4.13	0.0239	1.829
BL20	L20	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.225	Cu 14		10.47	0.0107	1.840
BL20	BL19		15	15	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	3.537	353.67	4	0.05169	2.277	Cu 10	cu 12	4.13	0.0159	1.856
BL19	L19	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.311	Cu 14		10.47	0.0107	1.866
BL19	BL18		15	15	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.769	353.67	4	0.02585	2.337	Cu 10	cu 12	4.13	0.0079	1.874
BL18	L18	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.372	Cu 14		10.47	0.0107	1.885
CI#1	CI#3		39.9	39.9	1792.08	1.8864	2	1	Alumbrado Publico	cu	4.287	75.267	227.585	4	0.70784	2.012	Cu 8	cu 12	2.58	0.2112	1.767
CI#3	BL22		3.89	3.89	1456.065	1.5327	2	1	Alumbrado Publico	cu	3.483	5.962	227.585	4	0.05607	2.068	Cu 8	cu 12	2.58	0.0167	1.784
BL22	L22	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.103	Cu 14		10.47	0.0107	1.795
BL22	BL23		15	15	1344.06	1.4148	2	1	Alumbrado Publico	cu	3.215	21.222	227.585	4	0.19958	2.302	Cu 8	cu 12	2.58	0.0595	1.844
BL23	L23	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.337	Cu 14		10.47	0.0107	1.806
BL23	BL24		15	15	1232.055	1.2969	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.948	19.454	227.585	4	0.18295	2.520	Cu 8	cu 12	2.58	0.0546	1.898
BL24	L24	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.554	Cu 14		10.47	0.0107	1.909
BL24	CP#1		1.38	1.38	1120.05	1.179	2	1	Alumbrado Publico	cu	2.680	1.627	227.585	4	0.01530	2.570	Cu 8	cu 12	2.58	0.0046	1.914
CP#1	BL25		7.49	7.49	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	2.649	227.585	4	0.02491	2.594	Cu 8	cu 12	2.58	0.0074	1.921
BL25	L25	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.629	Cu 14		10.47	0.0107	1.932
BL25	BL26		17.2	17.19	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	4.053	227.585	4	0.03812	2.667	Cu 8	cu 12	2.58	0.0114	1.943
BL26	L26	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.702	Cu 14		10.47	0.0107	1.954
BL26	BL27		9.87	9.87	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.164	227.585	4	0.01094	2.713	Cu 8	cu 12	2.58	0.0033	1.957

BL27	L27	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.747	Cu 14		10.47	0.0107	1.968
CI#3	BL28		33.1	33.14	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	11.722	227.585	4	0.11023	2.857	Cu 8	cu 12	2.58	0.0329	2.001
BL28	L28	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.892	Cu 14		10.47	0.0107	2.012
BL28	BL29		15	15	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	3.537	227.585	4	0.03326	2.925	Cu 8	cu 12	2.58	0.0099	2.021
BL29	L29	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	2.960	Cu 14		10.47	0.0107	2.032
BL29	BL30		15	15.02	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.771	227.585	4	0.01665	2.976	Cu 8	cu 12	2.58	0.0050	2.037
BL30	L30	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.011	Cu 14		10.47	0.0107	2.048
CP#1	CP#2		22.1	22.07	784.035	0.8253	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.876	18.214	227.585	4	0.17129	3.182	Cu 8	cu 12	2.58	0.0511	2.099
CP#2	BL32		17.1	17.13	448.02	0.4716	2	1	Alumbrado Publico	cu	1.072	8.079	227.585	4	0.07597	3.258	Cu 8	cu 12	2.58	0.0227	2.122
BL32	L32	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.293	Cu 14		10.47	0.0107	2.132
BL32	BL33		15.5	15.47	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	5.472	227.585	4	0.05146	3.344	Cu 8	cu 12	2.58	0.0154	2.148
BL33	L33	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.379	Cu 14		10.47	0.0107	2.158
BL33	BL34		8.74	8.74	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	2.061	227.585	4	0.01938	3.398	Cu 8	cu 12	2.58	0.0058	2.164
BL34	L34	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.433	Cu 14		10.47	0.0107	2.175
BL34	BL35		23.9	23.89	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	2.817	227.585	4	0.02649	3.459	Cu 8	cu 12	2.58	0.0079	2.183
BL36	L36	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.494	Cu 14		10.47	0.0107	2.194
CP#2	BL31		3.97	3.97	336.015	0.3537	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.804	1.404	227.585	4	0.01321	3.507	Cu 8	cu 12	2.58	0.0039	2.198
BL31	L31	88		88	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	10.375	886.377	4	0.38001	3.887	Cu 14		10.47	0.1181	2.316
BL31	BL36		15	15.01	224.01	0.2358	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.536	3.539	227.585	4	0.03329	3.920	Cu 8	cu 12	2.58	0.0099	2.326
BL36	L36	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.955	Cu 14		10.47	0.0107	2.336
BL36	BL37		15	15	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	1.769	227.585	4	0.01663	3.971	Cu 8	cu 12	2.58	0.0050	2.341
BL37	L37	8		8	112.005	0.1179	2	1	Alumbrado Publico	cu	0.268	0.943	886.377	4	0.03455	3.996	Cu 14		10.47	0.0107	2.352

1.3.3.2 Circuito n° 4 “ Subestación de Camilo Torres”

- El calibre se seleccionará teniendo en cuenta la corriente nominal y la regulación máxima exigida por la ESSA (<4%) en el punto más lejano, el cual alimentará un grupo de 10 luminarias de 112 W.
- El calibre del tramo será N° 10 AWG THW, con $Kg = 353.67$ para todos los tramos, ducto $\frac{3}{4}$ pulgadas.
- La conexión desde la caja hasta la luminarias será en calibre N° 14 AWG, $Kg = 886,377$ y $L=8m$, estos conductores irán a través de los postes troncocónicos. calibre de tierra N° 14 AWG.

LONGITUDES					CARACTERISTICA DE LA CARGA							NOMINAL CTE [A]	MOMENTO [KVA*m]	REGULACION [%]				CALIBRE		PERDIDAS DE POTENCIA [%]		
TRAMO		LONG. (m)			P [w]	S [KVA]	FASE	FP	TIPO	MAT	Kg			PER	PARCIAL	TOTAL	CALIBRE		r [ohm/km]	PARCIAL	TOTAL	
Inic	Fin	V	H	Total													FASE	TIERRA				
TGBT C	CI#4	1.22	85.15	86.4	1120.05	1.179	3	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.15137	101.83023	353.7	4	0.7719	0.7719	Cu 10	cu 14	4.13	0.94885	0.94885	
CI#4	BL38		5.26	5.26	448.02	0.4716	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.18333	2.480616	353.7	4	0.0376	0.8095	Cu 10	cu 14	4.13	0.04623	0.99507	
BL38	L38	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	0.8454	Cu 14		10.47	0.04456	1.03963	
BL38	BL45		15	15	336.015	0.3537	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.63750	5.3055	353.7	4	0.0804	0.9258	Cu 10	cu 14	4.13	0.09887	1.13851	
BL45	L45	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	0.9616	Cu 14		10.47	0.04456	1.18307	
BL45	BL46		15.01	15	224.01	0.2358	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.09167	3.539358	353.7	4	0.0537	1.0153	Cu 10	cu 14	4.13	0.06596	1.24903	
BL46	L46	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.0511	Cu 14		10.47	0.04456	1.29359	
BL46	BL47		16.77	16.8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	1.977183	353.7	4	0.0300	1.0811	Cu 10	cu 14	4.13	0.03685	1.33043	
BL47	L47	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.1169	Cu 14		10.47	0.04456	1.37499	
CI#4	CI#5		16.07	16.1	672.03	0.7074	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.27500	11.367918	353.7	4	0.1723	1.2893	Cu 10	cu 14	4.13	0.21185	1.58684	
CI#5	BL39		1	1	336.015	0.3537	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.63750	0.3537	353.7	4	0.0054	1.2947	Cu 10	cu 14	4.13	0.00659	1.38159	
BL39	L39	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.3305	Cu 14		10.47	0.04456	1.42615	
BL39	BL40		15	15	224.01	0.2358	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.09167	3.537	353.7	4	0.0536	1.3841	Cu 10	cu 14	4.13	0.06591	1.49206	
BL40	L40	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.4200	Cu 14		10.47	0.04456	1.53662	
BL40	BL41		15	15	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	1.7685	353.7	4	0.0268	1.4468	Cu 10	cu 14	4.13	0.03296	1.56958	
BL41	L41	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.4826	Cu 14		10.47	0.04456	1.61414	
CI#5	BL42		19.06	19.1	336.015	0.3537	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.63750	6.741522	353.7	4	0.1022	1.5848	Cu 10	cu 14	4.13	0.12563	1.73977	
BL42	L42	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.6206	Cu 14		10.47	0.04456	1.78433	
BL42	BL43		13.47	13.5	224.01	0.2358	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.09167	3.176226	353.7	4	0.0482	1.6688	Cu 10	cu 14	4.13	0.05919	1.84352	
BL43	L43	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.7046	Cu 14		10.47	0.04456	1.88809	
BL43	BL44		14	14	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	1.6506	353.7	4	0.0250	1.7297	Cu 10	cu 14	4.13	0.03076	1.91885	
BL44	L44	8		8	112.005	0.1179	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.54583	0.9432	886.4	4	0.0358	1.7655	Cu 14		10.47	0.04456	1.96341	

2. ALTERNATIVA TIPO 1 LEDS DE MARCA B

2.1 RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Tipo de Servicio [kVA]	Iluminación Vial
Carga Instalada[kVA]	2671,78
Demanda Máxima	2671,78
Regulación en alumbrado público máxima [%]	4
Perdidas de Potencia máxima [%]	5
Factor de potencia	0,95
Potencia [W]	40,8
Equipo Electrónico [W]	11
Luminaria	TIPO 1
Nº de Luminarias	49
Acometida BT	Subterránea
Potería	Troncocónico de 6 m
Nº de postes	49
CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	
Camilo Torres	500 kVA – 13200 / 216 – 124,7 V
Administrativo I	200 kVA – 13200 / 220 – 127 V

2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Las cargas serán básicamente luminarias (Marca B) tipo 1 Led para el alumbrado con un total de 49, distribuidas en 4 circuitos. La carga objeto corresponde al consumo propio de las lámparas más el respectivo equipo electrónico de cada una de las luminarias, con una potencia de 40,8 W, el equipo electrónico 11 W a un factor de potencia de 0,95. La tensión de servicio de cada una de las luminarias en el transformador del Camilo Torres es de 216 V y en el transformador de Administrativo I es de 220.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS EN BAJA TENSIÓN

2.2.2.1 Red de baja tensión

La red de baja tensión será subterránea, se construirán 4 circuitos, en calibre 10 AWG THW en todos los sectores, Ducto $\frac{3}{4}$ pulgadas.

2.2.2.2 Acometidas

Desde las cajas de derivaciones ubicadas en la base de cada poste que conforman la red hasta cada luminaria con una longitud total de 6 m, en conductor será calibre Nº 14 AWG THW, que circulará a través de los soportes que sustentaran a las luminarias.

2.2.2.3 Cajas de inspección

Se utilizarán cajas de inspección a distancias no mayores a 40 metros, de dimensiones 20*20*20 cm prefabricada.

2.2.2.4 Postería

La totalidad de los postes serán metálicos en acero galvanizado en caliente de 6 m libres, con refuerzo de concreto en la base.

2.2.2.5 Protecciones

Se instalará un interruptor automático que será alojado en el tablero de control de la subestación de Administrativos I, de 3x20 [A] para proteger los circuitos 1,2 y 3. Para el circuito 4: (1) interruptor de 3x15 [A]. Las luminarias serán accionadas por un timer. Las luminarias serán accionadas por un timer.

2.2.2.6 Conductor de puesta a tierra

Por cada una de las tuberías irá un conductor de puesta a tierra claramente identificado: para el circuito 1,2,3 N° 12 AWG THW y N° 14 AWG THW para el circuito 4.

2.3 MEMORIA DE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

En esta sección se consignarán las limitantes fundamentales para el diseño de la propuesta basadas en la “Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la Electrificadora de Santander S.A.”, el código Eléctrico Nacional (Normas 2050), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) con el fin de encaminar la propuesta hacia un resultado final confiable y con la mejor propuesta económica. El diseño de la red eléctrica es consecuencia del diseño del sistema de iluminación.

2.3.1 CALCULO DE LA DEMANDA [kVA]

$$Demanda\ individual = \frac{(Potencia\ de\ la\ lampara + Equipo\ electronico)}{Factor\ de\ potencia}$$

$$Demanda\ individual = \frac{(40,8 + 11)}{0,95} = 54,52\ [kVA]$$

$$Demanda\ Total = (Número\ de\ luminarias) \times (Demanda\ Individual)$$
$$Demanda\ Total = (49) \times (54,52) = 2671,78\ [kVA]$$

2.3.2 MATRICES DE CÁLCULO

En la matriz de cálculo estarán contenidos los datos correspondientes al análisis de la red para cada uno de los transformadores. Las ecuaciones para cada una de las columnas de la matriz están dadas por:

2.3.2.1 Demanda máxima por tramo [kVA]

$$S = \frac{(Demanda\ individual) * (Numero\ de\ luminarias)}{1000} [kVA]$$

2.3.2.2 Potencia (P [W])

$$P = S * FP [W]$$

2.3.2.3 Corriente [A]

Corriente por tramo para el caso de trifásico

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} [A]$$

Para el caso bifásico

$$I = \frac{S}{V_L} [A]$$

2.3.2.4 Momento (M [kVA×m])

$$\text{Momento} = S * longitud [kVA \times m]$$

2.3.2.5 Sumatoria de momentos ($\sum Mi [kVA \times m]$)

Es la suma total de los momentos producidos en cada tramo del circuito.

2.3.2.6 Constante de regulación Kg teórico

Se tuvo en cuenta la regulación máxima permitida por la norma ESSA $\delta r\% \leq 4$

$$K_g = \frac{\delta r\% * V_l}{f_c * M_{total}}$$

f_c = factor de corrección

δr = regulación de tensión

V_l = voltaje de línea

Para la red de distribución el f_c es 1 para trifásicas y 2 para bifásica.

2.3.2.7 Constante de regulación Kg Real

Es el valor menor o igual al Kg teórico que se encuentra en la tabla de la ESSA de Kg para un factor de potencia de 0.95.

Calibre AWG	KG Baja Tensión				
	FP				
	0,8	0,85	0,9	0,95	1
14	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36
12	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52
10	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36

8	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87
6	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84
4	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184
2	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576
1	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48
1/0	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848
2/0	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232
3/0	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184
4/0	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368

2.3.2.8 La regulación por tramo es igual

$$\delta\% = \frac{f_c * K_g * M_{total}}{V_l} \quad [\%]$$

2.3.2.9 Regulación Acumulada

Es la suma de las regulaciones parciales en un circuito desde el primer hasta el último tramo.

$$\delta_{acum}\% = \sum \delta\%$$

2.3.2.10 Perdidas De Potencia Parciales

Se tuvo en cuenta la regulación máxima permitida por la norma ESSA $P_p\% \leq 5$

$$P_p\% = \frac{0.0001 * n * I^2 * r * l}{S * f_p} \quad [\%]$$

$r =$ resistencia del conductor $\left[\frac{\Omega}{km}\right]$, $f_p = 0.95$ factor de potencia, $n =$ numero de fases y $l =$ longitud del tramo $[m]$.

2.3.3 CALIBRES

Las matrices de los cálculos eléctricos se encuentran al final del documento.

2.3.3.1 CIRCUITO N°1,2,3 “Subestación Administrativo I”

- El calibre se seleccionará teniendo en cuenta la regulación máxima ($\leq 4\%$) en el punto más lejano y la corriente según la ESSA.
- El calibre del circuito el cual alimentará un grupo de 41 luminarias de 51,8 W cada una será N° 10 AWG THW, con $K_g=353,67$, ducto de $\frac{3}{4}$.
- La conexión desde la caja hasta la luminarias será en calibre N° 14 AWG, $K_g = 886,377$, y $L=6m$. Estos conductores irán a través de los postes metálicos. calibre de tierra N° 12 AWG.

LONGITUDES					CARACTERISTICA DE LA CARGA							NOMINAL CTE [A]	MOMENTO [KVA*m]	REGULACION [%]				CALIBRE		PERDIDAS DE POTENCIA [%]		
TRAMO		LONG. (m)			P [W]	S [KVA]	FASE	FP	TIPO	MAT	Kg			PERM	PARCIAL	TOTAL	CALIBRE		r [ohm/km]	PARCIAL	TOTAL	
Inic	Fin	V	H	Total													FASE	TIERRA				
TGBT 1	CI#1	1.22	65.79	67.01	2123.8	2.236	3	0.95	Alumbrado Publico	cu	5.8668	149.8053	353.67	4	1.09466	1.0947	Cu 10	cu 12	4.13	1.34558	1.34558	
CI#1	CI#2		31	31	725.2	0.763	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.4698	23.6643	353.67	4	0.34584	1.4405	Cu 10	cu 12	4.13	0.42511	1.77069	
CI#2	BL6		11.86	11.86	103.6	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.4957	1.2934	353.67	4	0.01890	1.4594	Cu 10	cu 12	4.13	0.02323	1.79392	
BL6	L6	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.4714	Cu 14		10.47	0.01490	1.80882	
BL6	BL5		14	14	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.7634	353.67	4	0.01116	1.4825	Cu 10	cu 12	4.13	0.01371	1.82254	
BL5	L5	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.4945	Cu 14		10.47	0.01490	1.83743	
CI#2	BL7		15.74	15.74	621.6	0.654	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.9741	10.2989	353.67	4	0.15051	1.6450	Cu 10	cu 12	4.13	0.18501	2.02245	
BL7	L7	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.6570	Cu 14		10.47	0.01490	2.03735	
BL7	BL8		17.15	17.15	569.8	0.600	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.7263	10.2863	353.67	4	0.15033	1.8074	Cu 10	cu 12	4.13	0.18479	2.22213	
BL8	L8	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.8193	Cu 14		10.47	0.01490	2.23703	
BL8	BL9		14.02	14.02	518.0	0.545	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.4785	7.6445	353.67	4	0.11172	1.9311	Cu 10	cu 12	4.13	0.13733	2.37436	
BL9	L9	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.9430	Cu 14		10.47	0.01490	2.38926	
BL9	BL10		14.06	14.06	466.2	0.491	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.2306	6.8997	353.67	4	0.10084	2.0439	Cu 10	cu 12	4.13	0.12395	2.51321	
BL10	L10	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.0559	Cu 14		10.47	0.01490	2.52811	
BL10	BL11		17.68	17.68	414.4	0.436	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.9828	7.7122	353.67	4	0.11271	2.1686	Cu 10	cu 12	4.13	0.13854	2.66665	
BL11	L11	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.1805	Cu 14		10.47	0.01490	2.68155	
BL11	BL12		18.3	18.3	362.6	0.382	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.7349	6.9848	353.67	4	0.10208	2.2826	Cu 10	cu 12	4.13	0.12548	2.80703	
BL12	L12	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.2946	Cu 14		10.47	0.01490	2.82193	
BL12	BL13		19.02	19.02	310.8	0.327	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.4871	6.2225	353.67	4	0.09094	2.3855	Cu 10	cu 12	4.13	0.11178	2.93371	
BL13	L13	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.3975	Cu 14		10.47	0.01490	2.94861	
BL13	BL14		14	14	259.0	0.273	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.2392	3.8168	353.67	4	0.05578	2.4533	Cu 10	cu 12	4.13	0.06857	3.01718	
BL14	L14	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.4653	Cu 14		10.47	0.01490	3.03208	
BL14	BL15		14.05	14.05	207.2	0.218	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.9914	3.0644	353.67	4	0.04478	2.5101	Cu 10	cu 12	4.13	0.05505	3.08713	
BL15	L15	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5221	Cu 14		10.47	0.01490	3.10202	
BL15	BL16		16.63	16.63	155.4	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7435	2.7203	353.67	4	0.03976	2.5618	Cu 10	cu 12	4.13	0.04887	3.15089	
BL16	L16	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5738	Cu 14		10.47	0.01490	3.16579	
BL16	BL17		15.59	15.59	103.6	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.4957	1.7001	353.67	4	0.02485	2.5986	Cu 10	cu 12	4.13	0.03054	3.19633	

BL17	L17	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.6106	Cu 14		10.47	0.01490	3.21123
BL17	BL18		15.96	15.96	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.8702	353.67	4	0.01272	2.6233	Cu 10	cu 12	4.13	0.01563	3.22687
BL18	L18	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.6353	Cu 14		10.47	0.01490	3.24177
CI#1	BL4		8.86	8.86	777.0	0.818	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.7177	7.2465	353.67	4	0.10590	1.2006	Cu 10	cu 12	4.13	0.13018	1.47575
BL4	L4	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.2125	Cu 14		10.47	0.01490	1.49065
BL4	BL3		13.99	13.99	725.2	0.763	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.4698	10.6795	353.67	4	0.15607	1.3686	Cu 10	cu 12	4.13	0.19185	1.68250
BL3	L3	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.3806	Cu 14		10.47	0.01490	1.69740
BL3	BL2		13.78	13.78	673.4	0.709	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	3.2220	9.7678	353.67	4	0.14275	1.5234	Cu 10	cu 12	4.13	0.17547	1.87287
BL2	L2	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.5353	Cu 14		10.47	0.01490	1.88777
BL2	BL1		10.41	10.41	621.6	0.654	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.9741	6.8114	353.67	4	0.09954	1.6349	Cu 10	cu 12	4.13	0.12236	2.01014
BL1	L1	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.6469	Cu 14		10.47	0.01490	2.02503
BL1	BL19		23.18	23.18	569.8	0.600	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.7263	13.9030	353.67	4	0.20319	1.8501	Cu 10	cu 12	4.13	0.24976	2.27479
BL19	L19	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.8620	Cu 14		10.47	0.01490	2.28969
BL19	BL20		14.36	14.36	518.0	0.545	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.4785	7.8299	353.67	4	0.11443	1.9765	Cu 10	cu 12	4.13	0.14066	2.43035
BL20	L20	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	1.9884	Cu 14		10.47	0.01490	2.44525
BL20	BL21		13.64	13.64	466.2	0.491	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.2306	6.6936	353.67	4	0.09782	2.0863	Cu 10	cu 12	4.13	0.12025	2.56550
BL21	L21	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.0983	Cu 14		10.47	0.01490	2.58040
BL21	BL22		14	14	414.4	0.436	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.9828	6.1069	353.67	4	0.08925	2.1875	Cu 10	cu 12	4.13	0.10971	2.69010
BL22	L22	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.1995	Cu 14		10.47	0.01490	2.70500
BL22	BL23		15.33	15.33	362.6	0.382	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.7349	5.8512	353.67	4	0.08551	2.2850	Cu 10	cu 12	4.13	0.10511	2.81012
BL23	L23	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.2970	Cu 14		10.47	0.01490	2.82501
BL23	BL24		13.86	13.86	310.8	0.327	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.4871	4.5344	353.67	4	0.06627	2.3632	Cu 10	cu 12	4.13	0.08146	2.90647
BL24	L24	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.3752	Cu 14		10.47	0.01490	2.92137
BL24	BL25		14	14	259.0	0.273	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.2392	3.8168	353.67	4	0.05578	2.4310	Cu 10	cu 12	4.13	0.06857	2.98994
BL25	L25	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.4430	Cu 14		10.47	0.01490	3.00484
BL25	BL26		7.13	7.13	207.2	0.218	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.9914	1.5551	353.67	4	0.02273	2.4657	Cu 10	cu 12	4.13	0.02794	3.03277
BL26	L26	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.4777	Cu 14		10.47	0.01490	3.04767
BL26	BL27		12.24	12.24	155.4	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7435	2.0022	353.67	4	0.02926	2.5070	Cu 10	cu 12	4.13	0.03597	3.08364
BL27	L27	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5189	Cu 14		10.47	0.01490	3.09854
BL27	BL28		8	8	103.6	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.4957	0.8724	353.67	4	0.01275	2.5317	Cu 10	cu 12	4.13	0.01567	3.11421

BL28	L28	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5437	Cu 14		10.47	0.01490	3.12911
BL28	BL29		8	8	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.4362	353.67	4	0.00637	2.5501	Cu 10	cu 12	4.13	0.00784	3.13695
BL29	L29	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5620	Cu 14		10.47	0.01490	3.15185
BL29	BL30		23.05	23.05	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	1.2568	353.67	4	0.01837	2.5804	Cu 10	cu 12	4.13	0.02258	3.17442
BL30	L30	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5924	Cu 14		10.47	0.01490	3.18932
CI#1	CI#3		96.49	96.49	621.6	0.654	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	2.9741	63.1346	353.67	4	0.92268	2.0173	Cu 10	cu 12	4.13	1.13417	2.47975
CI#3	BL31		7.44	7.44	259.0	0.273	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.2392	2.0284	353.67	4	0.02964	2.0470	Cu 10		4.13	0.03644	2.51618
BL31	L31	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.0590	Cu 14	cu 12	10.47	0.01490	2.53108
BL31	BL32		6.95	6.95	207.2	0.218	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.9914	1.5158	353.67	4	0.02215	2.0811	Cu 10	cu 12	4.13	0.02723	2.55831
BL32	L32	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.0931	Cu 14	cu 12	10.47	0.01490	2.57321
BL32	BL33		14.98	14.98	155.4	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7435	2.4504	353.67	4	0.03581	2.1289	Cu 10	cu 12	4.13	0.04402	2.61723
BL33	L33	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.1409	Cu 14		10.47	0.01490	2.63213
BL33	BL34		8	8	103.6	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.4957	0.8724	353.67	4	0.01275	2.1536	Cu 10	cu 12	4.13	0.01567	2.64780
BL34	L34	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.1656	Cu 14		10.47	0.01490	2.66270
BL34	BL35		8.7	8.7	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.4744	353.67	4	0.00693	2.1726	Cu 10	cu 12	4.13	0.00852	2.67123
BL35	L35	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.1845	Cu 14		10.47	0.01490	2.68613
CI#3	BL36		17.82	17.82	362.6	0.382	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.7349	6.8016	353.67	4	0.09940	2.2839	Cu 10	cu 12	4.13	0.12219	2.80831
BL36	L36	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.2959	Cu 14		10.47	0.01490	2.82321
BL36	BL37		13.99	13.99	310.8	0.327	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.4871	4.5769	353.67	4	0.06689	2.3628	Cu 10	cu 12	4.13	0.08222	2.90543
BL37	L37	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.3748	Cu 14		10.47	0.01490	2.92033
BL37	BL38		12.13	12.13	259.0	0.273	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.2392	3.3070	353.67	4	0.04833	2.4231	Cu 10	cu 12	4.13	0.05941	2.97974
BL38	L38	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.4351	Cu 14		10.47	0.01490	2.99464
BL38	BL39		5.83	5.83	207.2	0.218	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.9914	1.2715	353.67	4	0.01858	2.4537	Cu 10	cu 12	4.13	0.02284	3.01748
BL39	L39	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.4657	Cu 14		10.47	0.01490	3.03238
BL39	BL40		14	14	155.4	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7435	2.2901	353.67	4	0.03347	2.4991	Cu 10	cu 12	4.13	0.04114	3.07352
BL40	L40	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5111	Cu 14		10.47	0.01490	3.08842
BL40	BL41		13.99	13.99	103.6	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.4957	1.5256	353.67	4	0.02230	2.5334	Cu 10	cu 12	4.13	0.02741	3.11583
BL41	L41	6		6	51.8	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2478	0.3272	886.377	4	0.01198	2.5454	Cu 14		10.47	0.01490	3.13072

2.3.3.2 CIRCUITO N° 4 “Subestación Camilo Torres”

- El calibre se seleccionará teniendo en cuenta la corriente nominal y la regulación máxima exigida por la ESSA ($\leq 4\%$) en el punto más lejano, el cual alimentará un grupo de 10 luminarias de 51,8 W cada una, será el calibre del tramo será N° 10 AWG THW, con $K_g=353,67$ para todos los tramos, y ducto de $\frac{3}{4}$ pulgadas.
- La conexión desde la caja hasta la luminarias será en calibre N° 14 AWG, $K_g = 886,377$ y $L=6m$, estos conductores irán a través de los postes troncocónicos. calibre de tierra N° 14 AWG.

LONGITUDES					CARACTERISTICA DE LA CARGA							NOMINAL CTE [A]	MOMENTO [KVA*m]	REGULACION [%]				CALIBRE		PERDIDAS DE POTENCIA [%]		
TRAMO		LONG. (m)			P [W]	S [KVA]	FASE	FP	TIPO	MAT	Kg			PERM.	PARCIAL	TOTAL	CALIBRE		r [ohm/km]	PARCIAL	TOTAL	
Inic	Fin	V	H	Total													FASE	TIERRA				
TGBT C	CI#4	1.22	86.7	87.9	414.40	0.436	3	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.1659	38.3514	353.67	4	0.29072	0.29072	Cu 10	cu 14	4.13	0.3574	0.3574	
CI#4	CI#5		10.1	10.1	414.40	0.436	3	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.1659	4.3883	353.67	4	0.03326	0.32398	Cu 10	cu 14	4.13	0.0409	0.3982	
CI#5	BL42		9.06	9.06	155.40	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7573	1.4820	353.67	4	0.02247	0.34645	Cu 10	cu 14	4.13	0.0276	0.4259	
BL42	L42	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.35888	Cu 14		10.47	0.0155	0.4413	
BL42	BL43		14	14	103.60	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.5049	1.5289	353.67	4	0.02318	0.38206	Cu 10	cu 14	4.13	0.0285	0.4698	
BL43	L43	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.39449	Cu 14		10.47	0.0155	0.4853	
BL43	BL44		11	11	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.5982	353.67	4	0.00907	0.40356	Cu 10	cu 14	4.13	0.0111	0.4964	
BL44	L44	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.41599	Cu 14		10.47	0.0155	0.5119	
CI#5	BL45		6.49	6.49	259.00	0.273	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.2622	1.7694	353.67	4	0.02682	0.44282	Cu 10	cu 14	4.13	0.0330	0.5448	
BL45	L45	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.45525	Cu 14		10.47	0.0155	0.5603	
BL45	BL46		12.2	12.2	207.20	0.218	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	1.0097	2.6630	353.67	4	0.04037	0.49562	Cu 10	cu 14	4.13	0.0496	0.6099	
BL46	L46	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.50805	Cu 14		10.47	0.0155	0.6254	
BL46	BL47		9.48	9.48	155.40	0.164	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.7573	1.5507	353.67	4	0.02351	0.53156	Cu 10	cu 14	4.13	0.0289	0.6543	
BL47	L47	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.54399	Cu 14		10.47	0.0155	0.6697	
BL47	BL48		16.1	16.1	103.60	0.109	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.5049	1.7590	353.67	4	0.02667	0.57066	Cu 10	cu 14	4.13	0.0328	0.7025	
BL48	L48	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.58309	Cu 14		10.47	0.0155	0.7180	
BL48	BL49		14	14	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.7634	353.67	4	0.01157	0.59466	Cu 10	cu 14	4.13	0.0142	0.7322	
BL49	L49	6		6	51.80	0.055	2	0.95	Alumbrado Publico	cu	0.2524	0.3272	886.38	4	0.01243	0.60709	Cu 14		10.47	0.0155	0.7477	

3. ANALISIS FINANCIERO

3.1 PROPUESTA MARCA A

3.1.1 Recursos, Análisis de precios unitarios y Formulario de cantidades y precios.

RESULTADOS				
CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDADES	V. UNITARIO
1	Accesorios	glb	1,190	1,000
2	Herramienta menor	glb	1,535	5,000
3	Transporte	glb	190	25,000
4	Cuadrilla electrica #1	jnl	515	96,250
5	Limpiador PVC	cto	10	18,200
6	Soldadura de PVC	cto	10	37,700
7	Tubo conduit PVC 1" *3 mts PLASTIMEC	ud	82	3,360
8	Arena Corriente	m	49	40,000
9	Apisonadora + operario	hra	184	17,400
10	Tubo conduit PVC 3/4" *3 mts PLASTIMEC	m	259	2,400
11	Ladrillo Tolete Recocido 25*12*7 cm	un	323	300
12	Mortero 1:3	m3	0	265,000
13	Concreto 3000psi	m3	8	270,000
14	Gravilla Corriente bulto *70 kg	bto	1	13,000
15	Hierro 1/2" Varilla de 16 mts	un	4	10,000
16	Marco metálico	un	4	8,750
17	Alambre negro de amarre	kg	12	2,800
18	Tapa de pilopropileneo de alto impacto	un	4	170,000
19	Luminaria PHILIPS UrbanScene 40 LEDs _ 112 W	un	49	6,000,976
20	Poste tronco cónico liso 8 mts, galvanizado en caliente con cja en base y Pernos	un	49	1,150,000
21	Caja de Paso Piso de 20*20*20	un	49	17,142
22	Empalme en derivación en GEL	un	196	16,800
23	Cable de cobre THW N° 8 AWG	m	489	2,450
24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	1,550	1,690
25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1,490	1,180
26	Cable de cobre THW N° 14 AWG	m	251	815
27	Estiker para marcación de luminaria con numeración	un	49	1,350
28	Varilla P/T Cobre 5/8 * 2,4 m	un	4	78,000
29	Cemento conductivo	bto	1	95,000
30	Conector tipo cuña	un		12,000
31	Transporte de escombros	glb	37	18,000
32	Martillo Neumático + operador	hra	147	69,600
33	Cortadora de disco + operador	hra	145	13,920
34	Pavimento asfaltico MDC2	m3	30	273,760
35	Gabinete Metálico de 30*30*10	un	2	105,000
36	Riel omega	un	2	4,200
37	Contactador LC1D09 Telemecanic	un	2	132,300
38	Bornera Portafusible	un	2	15,370
39	Fusible	un	2	232
40	Timer Programable 220 V TAPD-22	un	2	214,200
41	Banda plástica de señalización	un	5	8,500

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

	NOMBRE	CÓD	DESCRIPCIÓN	UD	CANT	% DES	CANT. REAL	PRECIO	SUBTOTAL
1.01	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 3/4"	1	Accesorios	glb	0.5		0.5	1,000.00	\$500.00
		2	Herramienta menor	glb	0.2		0.2	5,000.00	\$1,000.00
		3	Transporte	glb	0.018		0.018	25,000.00	\$450.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.05		0.05	96,250.00	\$4,813.00
		5	Limpiador PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	18,200.00	\$191.00
		6	Soldadura de PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	37,700.00	\$396.00
		9	Apisonadora + operario	hra	0.17		0.17	17,400.00	\$2,958.00
		10	Tubo conduit PVC 3/4" *3 mts PLASTIMEC	m	0.34	3.00%	0.3502	2,400.00	\$840.00
		8	Arena Corriente	m	0.05		0.05	40,000.00	\$2,000.00
1.02	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 1"	1	Accesorios	glb	0.5		0.5	1,000.00	\$500.00
		2	Herramienta menor	glb	0.2		0.2	5,000.00	\$1,000.00
		3	Transporte	glb	0.018		0.018	25,000.00	\$450.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.06		0.06	96,250.00	\$5,775.00
		5	Limpiador PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	18,200.00	\$191.00
		6	Soldadura de PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	37,700.00	\$396.00
		7	Tubo conduit PVC 1" *3 mts PLASTIMEC	ud	0.34	3.00%	0.3502	3,360.00	\$1,177.00
		9	Apisonadora + operario	hra	0.25		0.25	17,400.00	\$4,350.00
		41	Banda plástica de señalización	un	0.02		0.02	8,500.00	\$170.00
		8	Arena Corriente	m	0.05		0.05	40,000.00	\$2,000.00
1.03	Caja de inspección 0,65*0,55*0,5 mts	1	Accesorios	glb	1.2		1.2	1,000.00	\$1,200.00
		2	Herramienta menor	glb	1.5		1.5	5,000.00	\$7,500.00
		3	Transporte	glb	0.33		0.33	25,000.00	\$8,250.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	1.5		1.5	96,250.00	\$144,375.00
		11	Ladrillo Tolete Recocido 25*12*7 cm	un	77	5.00%	80.85	300.00	\$24,255.00
		12	Mortero 1:3	m3	0.08	5.00%	0.084	265,000.00	\$22,260.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.08	5.00%	0.084	270,000.00	\$22,680.00
		14	Gravilla Corriente bulto *70 kg	bto	0.3	5.00%	0.315	13,000.00	\$4,095.00
		15	Hierro 1/2" Varilla de 16 mts	un	1.1		1.1	10,000.00	\$11,000.00
		16	Marco metálico	un	1		1	8,750.00	\$8,750.00
		17	Alambre negro de amarre	kg	3		3	2,800.00	\$8,400.00
		18	Tapa de polipropileno de alto impacto	un	1		1	170,000.00	\$170,000.00

1.04	Suministro, Transporte e Instalación Luminaria LED UrbanScene_40LEDs + Poste Troconico	1	Accesorios	glb	0.1		0.1	1,000.00	\$100.00
		2	Herramienta menor	glb	1.7		1.7	5,000.00	\$8,500.00
		3	Transporte	glb	0.12		0.12	25,000.00	\$3,000.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.125		0.125	96,250.00	\$12,031.00
		19	Luminaria PHILIPS UrbanScene 40 LEDs _ 112 W	un	1		1	6,000,976.00	\$6,000,976.00
		20	Poste tronco cónico liso 8 mts, galvanizado en caliente con caja en base y Pernos	un	1		1	1,150,000.00	\$1,150,000.00
		21	Caja de Paso Piso de 20*20*20	un	1		1	17,142.00	\$17,142.00
		22	Empalme en derivación en GEL	un	4		4	16,800.00	\$67,200.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	14	5.00%	14.7	1,180.00	\$17,346.00
		27	Estiker para marcación de luminaria con numeración	un	1		1	1,350.00	\$1,350.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.125	5.00%	0.13125	270,000.00	\$35,438.00
1.05	Suministro, Transporte e Instalación de puesta a tierra con varilla Cu 5/8" *2,4 mts	1	Accesorios	glb	0.5		0.5	1,000.00	\$500.00
		2	Herramienta menor	glb	1.3		1.3	5,000.00	\$6,500.00
		3	Transporte	glb	0.3		0.3	25,000.00	\$7,500.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.25		0.25	96,250.00	\$24,063.00
		28	Varilla P/T Cobre 5/8 * 2,4 m	un	1		1	78,000.00	\$78,000.00
		29	Cemento conductivo	bto	0.25		0.25	95,000.00	\$23,750.00
1.06	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 3 #8 + 1 #12 T	1	Accesorios	glb	0.6		0.6	1,000.00	\$600.00
		2	Herramienta menor	glb	0.25		0.25	5,000.00	\$1,250.00
		3	Transporte	glb	0.024		0.024	25,000.00	\$600.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.012		0.012	96,250.00	\$1,155.00
		23	Cable de cobre THW N° 8 AWG	m	3	5.00%	3.15	2,450.00	\$7,718.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,180.00	\$1,239.00
1.07	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 3 # 10 + 1 #14 T	1	Accesorios	glb	0.6		0.6	1,000.00	\$600.00
		2	Herramienta menor	glb	0.25		0.25	5,000.00	\$1,250.00
		3	Transporte	glb	0.023		0.023	25,000.00	\$575.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.01		0.01	96,250.00	\$963.00
		24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	3	5.00%	3.15	1,690.00	\$5,324.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,180.00	\$1,239.00
1.08	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 # 8 + 1 #12 T	1	Accesorios	glb	0.4		0.4	1,000.00	\$400.00
		2	Herramienta menor	glb	0.21		0.21	5,000.00	\$1,050.00

		3	Transporte	glb	0.017		0.017	25,000.00	\$425.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.009		0.009	96,250.00	\$866.00
		23	Cable de cobre THW N° 8 AWG	m	2	5.00%	2.1	2,450.00	\$5,145.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,180.00	\$1,239.00
1.09	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #12 T	1	Accesorios	glb	0.3		0.3	1,000.00	\$300.00
		2	Herramienta menor	glb	0.21		0.21	5,000.00	\$1,050.00
		3	Transporte	glb	0.018		0.018	25,000.00	\$450.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.009		0.009	96,250.00	\$866.00
		24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	2	5.00%	2.1	1,690.00	\$3,549.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,180.00	\$1,239.00
1.10	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #14 T	1	Accesorios	glb	0.3		0.3	1,000.00	\$300.00
		2	Herramienta menor	glb	0.21		0.21	5,000.00	\$1,050.00
		3	Transporte	glb	0.015		0.015	25,000.00	\$375.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.006		0.006	96,250.00	\$578.00
		24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	2	5.00%	2.1	1,690.00	\$3,549.00
		26	Cable de cobre THW N° 14 AWG	m	1	5.00%	1.05	815.00	\$856.00
1.11	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW #14	1	Accesorios	glb	0.2		0.2	1,000.00	\$200.00
		2	Herramienta menor	glb	0.19		0.19	5,000.00	\$950.00
		3	Transporte	glb	0.011		0.011	25,000.00	\$275.00
		4	Cuadrilla electrica #1	jnl	0.004		0.004	96,250.00	\$385.00
		26	Cable de cobre THW N° 14 AWG	m	1	5.00%	1.05	815.00	\$856.00
1.12	Corte, Demolición y Construcción de andén de 10 cm de espesor	1	Accesorios	glb	0.2		0.2	1,000.00	\$200.00
		2	Herramienta menor	glb	0.06		0.06	5,000.00	\$300.00
		3	Transporte	glb	0.01		0.01	25,000.00	\$250.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.25		0.25	96,250.00	\$24,063.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.1	5.00%	0.105	270,000.00	\$28,350.00
		31	Transporte de escombros	glb	0.1		0.1	18,000.00	\$1,800.00
		32	Martillo Neumático + operador	hra	0.16		0.16	69,600.00	\$11,136.00
1.13	Corte, Demolición y Construcción de Pavimento asfaltico de 0,20 m	1	Accesorios	glb	1.2		1.2	1,000.00	\$1,200.00
		2	Herramienta menor	glb	3.5		3.5	5,000.00	\$17,500.00
		3	Transporte	glb	0.5		0.5	25,000.00	\$12,500.00
		4	Cuadrilla electrica #1	jnl	1.5		1.5	96,250.00	\$144,375.00
		31	Transporte de escombros	glb	0.125		0.125	18,000.00	\$2,250.00

		32	Martillo Neumático + operador	hra	0.5		0.5	69,600.00	\$34,800.00
		33	Cortadora de disco + operador	hra	0.5		0.5	13,920.00	\$6,960.00
		34	Pavimento asfáltico MDC2	m3	0.1	5.00%	0.105	273,760.00	\$28,745.00
1.14	Automatismo	1	Accesorios	glb	2.5		2.5	1,000.00	\$2,500.00
		2	Herramienta menor	glb	5		5	5,000.00	\$25,000.00
		3	Transporte	glb	0.16		0.16	25,000.00	\$4,000.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	1.6		1.6	96,250.00	\$154,000.00
		35	Gabinete Metálico de 30*30*10	un	1		1	105,000.00	\$105,000.00
		36	Riel omega	un	1		1	4,200.00	\$4,200.00
		37	Contactador LC1D09 Telemecanic	un	1		1	132,300.00	\$132,300.00
		38	Bornera Portafusible	un	1		1	15,370.00	\$15,370.00
		39	Fusible	un	1		1	232.00	\$232.00
		40	Timer Programable 220 V TAPD-22	un	1		1	214,200.00	\$214,200.00

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS						
OBRA: Sistema Eléctrico de Alumbrado Peatonal- UIS						
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	VALOR UNITARIO	CANT	SUBTOTAL
1.00		SISTEMA ILUMINACIÓN LED				
1.01	C	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 3/4"	ML	\$13,148.00	738	\$9,707,168.00
1.02	C	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 1"	ML	\$16,009.00	233	\$3,729,457.00
1.03	C	Caja de inspección 0,65*0,55*0,5 mts	UND	\$432,765.00	7	\$3,029,355.00
1.04	C	Suministro, Transporte e Instalación Luminaria LED UrbaScene_40LEDs + Poste Troconico	UND	\$7,313,083.00	47	\$343,714,901.00
1.05	C	Suministro, Transporte e Instalación de puesta a tierra con varilla Cu 5/8" *2,4 mts	UND	\$140,313.00	4	\$561,252.00
1.06	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 3 # 8 + 1 #12 T	ML	\$12,562.00	65	\$816,530.00
1.07	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 3 # 10 + 1 #14 T	ML	\$9,951.00	95	\$945,345.00
1.08	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 # 8 + 1 #12 T	ML	\$9,125.00	385	\$3,513,125.00
1.09	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #12 T	ML	\$7,454.00	255	\$1,900,770.00
1.10	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #14 T	ML	\$6,708.00	150	\$1,006,200.00
1.11	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW #14	ML	\$2,666.00	470	\$1,253,020.00
1.12	C	Corte, Demolición y Construcción de andén de 10 cm de espesor	ML	\$66,099.00	10	\$660,990.00
1.13	C	Corte, Demolición y Construcción de Pavimento asfáltico de 0,20 m	ML	\$248,330.00	310	\$76,982,300.00
1.14	C	Automatismo	UND	\$656,802.00	2	\$1,313,604.00
1-ST		Subtotal				\$449,134,017.00
TOTAL COSTO DIRECTO						\$449,134,017.00
A.I.U (20%)						\$89,826,803.00
VALOR TOTAL						\$538,960,820.00
IVA (16% SOBRE UTILIDAD)						\$3,593,072.00
SUBTOTAL						\$542,553,892.00
<hr/> Idania Yuliany Mejía Contreras Proyectista			<hr/> Diana Carolina Castillo Bueno Proyectista			

3.1.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

3.1.2.1 Unitarios de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES MANTENIMIENTO				
OBRA :	<u>ILUMINACION CON LEDS</u>	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
SECTOR:	<u>VIAS PEATONALES UIS</u>			
ITEM DE PAGO :	<u>1.1 LIMPIEZA LUMINARIAS MARCA A</u>	FECHA :	<u>OCTUBRE DE 2010</u>	

1. EQUIPO, TRANSPORTE Y MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.25	\$ 2,500	\$ 625
Camioneta	glb	0.04	\$ 100,000	\$ 4,000
Ayudante -Prestaciones	dia	0.04	\$ 35,000	\$ 1,400
Oficial-Prestaciones	dia	0.04	\$ 61,250	\$ 2,450
SUBTOTAL				\$8,475

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES MANTENIMIENTO				
OBRA :	<u>ILUMINACION CON LEDS</u>	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
SECTOR:	<u>VIAS PEATONALES UIS</u>			
ITEM DE PAGO :	<u>1.2 LIMPIEZA CAJAS DE INSPECCION</u>	FECHA :	<u>OCTUBRE DE 2010</u>	
		UNIDAD DE MEDIDA:		

1. EQUIPO, TRANSPORTE Y MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD.	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.16	\$ 2,500	\$ 400
Camioneta	glb	0.03	\$ 100,000	\$ 3,000
Ayudante	dia	0.03	\$ 35,000	\$ 1,050
Oficial	dia	0.03	\$ 61,250	\$ 1,838
SUBTOTAL				\$6,288

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES**

MANTENIMIENTO

OBRA : ILUMINACION CON LEDS	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
SECTOR: VIAS PEATONALES UIS	
ITEM DE PAGO : 1.3 CAMBIO DE LUMINARIAS MARCA A	OCTUBRE DE 2010
	FECHA :
	UNIDAD DE MEDIDA:

**EQUIPO, TRANSPORTE Y
MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD.	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.60	\$ 5,000	3,000
Accesorios	glb	1.20	\$ 1,000	1,200
Luminaria LED	un	1.00	\$ 6,000,976	6,000,976
Transporte	glb	0.13	\$ 25,000	3,250
Ayudante Oficial	dia	0.13	\$ 35,000	4,550
	dia	0.13	\$ 61,250	7,963
SUBTOTAL				\$6,019,739

COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	%	Vr. Total	
ADMINISTRACION A	10%	\$ 722,368.68	
IMPREVISTO I	5%	\$ 481,579.12	
UTILIDAD U	5%	\$ 481,579.12	
IVA (16% sobre la utilidad)	16%	\$ 77,052.66	
Sub - total			\$ 1,762,579.58
TOTAL PRECIO UNITARIO			\$ 7,782,319

3.1.2.2 Operación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES			
OPERACIÓN			
CARACTERISTICAS	Futura	Actuales	
	TIPO 4	MERCURIO TIPO HONGO	SODIO TIPO FAROL
Potencia Nominal (W)	95	125	70
Potencia Real Con Perdidas (W)	112	131.25	73.5
Numero de Luminarias	1	1	1
Costo kWh	365.96	365.96	365.96
Tiempo Día	12	12	12
Días (año)	365	365	365
Hrs año	4380	4380	4380
Vida Util (hrs)	50000	20000	18000
Vida Util (años)	11.42	4.57	4.11
Costo Energia	\$ 179,525.34	\$ 210,381.26	\$ 117,813.50

3.1.2.3 Administración

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES			
ADMINISTRACION			
Trabajador	Día	Prestaciones	Valor total
1 operador	\$ 17,166.00	75%	\$ 30,040.50
INGENIERO ELECTRICISTA (1)	\$ 80,000.00	75%	\$ 140,000.00
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 170,040.50

3.1.2.4 Análisis de Costos

AÑO	COSTO LIMPIEZA LUMINARIA	COSTO LIMPIEZA CAJA DE INSPECCION	COSTO DE REEMPLAZO	COSTO DE OPERACIÓN ACTUAL	COSTO DE OPERACIÓN LED	AHORRO EN EL COSTO DE OPERACIÓN	COSTO DE ADMINISTRACION	VALOR TOTAL AÑO
0								\$ 542,553,892.00
1				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
2				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
3	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
4				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
5				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
6	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
7				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
8				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
9	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
10				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
11			\$ 373,551,312.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	367,376,253.76
12	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
13				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
14				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
15	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
16				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
17				\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
18	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00		\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24

19			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
20			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
21	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
22		\$ 373,551,312.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	-\$ 367,376,253.76
23			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
24	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
25			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
26			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
27	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24
28			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
29			\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 6,175,058.24
30	\$ 406,800.00	\$ 301,824.00	\$ 14,962,315.06	\$ 8,617,216.32	\$ 6,345,098.74	\$ 170,040.50	\$ 5,466,434.24

VALOR PRESENTE TOTAL DE AOM (\$ 49,922,484.03)

VALOR TOTAL AOM	(\$ 49,922,484.03)
COSTO TOTAL DE LA OBRA	\$ 542,553,892.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	-\$ 592,476,376.03

3.2 PROPUESTA MARCA B

3.2.1 Recursos, Análisis de precios unitarios y Formulario de cantidades y precios.

RECURSOS				
CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDADES	V. UNITARIO
1	Accesorios	glb	1,673	\$1,000
2	Herramienta menor	glb	1,509	\$5,000
3	Transporte	glb	182	\$25,000
4	Cuadrilla electrica #1	jnl	495	\$96,250
5	Limpiador PVC	cto	10	\$18,200
6	Soldadura de PVC	cto	10	\$37,700
7	Tubo conduit PVC 1" *3 mts PLASTIMEC	m		\$3,360
8	Arena Corriente	m	47	\$40,000
9	Apisonadora + operario	hra	160	\$17,400
10	Tubo conduit PVC 3/4" *3 mts PLASTIMEC	m	330	\$2,400
11	Ladrillo Tolete Recocido 25*12*7 cm	un	323	\$300
12	Mortero 1:3	m3	0	\$265,000
13	Concreto 3000psi	m3	8	\$270,000
14	Gravilla Corriente bulto *70 kg	bto	1	\$13,000
15	Hierro 1/2" Varilla de 16 mts	un	4	\$10,000
16	Marco metálico	un	4	\$8,750
17	Alambre negro de amarre	kg	12	\$2,800
18	Tapa de pilopropileneo de alto impacto	un	4	\$170,000
19	Luminaria MARCA B Tipo 1 LED - 34 LEDs por 1,2 W	un	49	\$3,489,850
20	Poste tronco cónico liso 6 mts, galvanizado en caliente con cja en base y Pernos	un	49	\$849,600
21	Caja de Paso Piso de 20*20*20	un	49	\$17,142
22	Empalme en derivación en GEL	un	196	\$16,800
23	Cable de cobre THW N° 8 AWG	m		\$2,450
24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	989	\$1,690
25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1,511	\$1,180
26	Cable de cobre THW N° 14 AWG	m	199	\$815
27	Estiker para marcación de luminaria con numeración	un	49	\$1,350
28	Varilla P/T Cobre 5/8 * 2,4 m	un	4	\$78,000
29	Cemento conductivo	bto	1	\$95,000
30	Conector tipo cuña	un	4	\$12,000
31	Transporte de escombros	glb	36	\$18,000
32	Martillo Neumático + operador	hra	142	\$69,600
33	Cortadora de disco + operador	hra	140	\$13,920
34	Pavimento asfaltico MDC2	m3	29	\$273,760
35	Gabinete Metálico de 30*30*10	un	2	\$105,000
36	Riel omega	un	2	\$4,200
37	Contactador LC1D09 Telemecanic	un	2	\$132,300
38	Portafusible	un	2	\$15,370
39	Fusible	un	2	\$232
40	Timer Programable 220 V TAPD-22	un	2	\$214,200
41	Banda plástica de señalización	un	1	\$8,500

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS									
	Nombre	Cod.	Descripción	Ud.	Cantidad	% Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
1.01	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 3/4"	1	Accesorios	glb	0.5		0.5	1,000.00	\$500.00
		2	Herramienta menor	glb	0.2		0.2	5,000.00	\$1,000.00
		3	Transporte	glb	0.018		0.018	25,000.00	\$450.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.05		0.05	96,250.00	\$4,813.00
		5	Limpiador PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	18,200.00	\$191.00
		6	Soldadura de PVC	cto	0.01	5.00%	0.0105	37,700.00	\$396.00
		9	Apisonadora + operario	hra	0.17		0.17	17,400.00	\$2,958.00
		10	Tubo conduit PVC 3/4" *3 mts PLASTIMEC	m	0.34	3.00%	0.3502	2,400.00	\$840.00
		8	Arena Corriente	m	0.05		0.05	40,000.00	\$2,000.00
1.02	Caja de inspección 0,65*0,55*0,5 mts	1	Accesorios	glb	1.2		1.2	1,000.00	\$1,200.00
		2	Herramienta menor	glb	1.5		1.5	5,000.00	\$7,500.00
		3	Transporte	glb	0.33		0.33	25,000.00	\$8,250.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	1.5		1.5	96,250.00	\$144,375.00
		11	Ladrillo Tolete Recocido 25*12*7 cm	un	77	5.00%	80.85	300.00	\$24,255.00
		12	Mortero 1:3	m3	0.08	5.00%	0.084	265,000.00	\$22,260.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.08	5.00%	0.084	270,000.00	\$22,680.00
		14	Gravilla Corriente bulto *70 kg	bto	0.3	5.00%	0.315	13,000.00	\$4,095.00
		15	Hierro 1/2" Varilla de 16 mts	un	1.1		1.1	10,000.00	\$11,000.00
		16	Marco metálico	un	1		1	8,750.00	\$8,750.00
		17	Alambre negro de amarre	kg	3		3	2,800.00	\$8,400.00
		18	Tapa de pilopropileneo de alto impacto	un	1		1	170,000.00	\$170,000.00
1.03	Suministro, Transporte e Instalación Luminaria LED 34 * 1,2 W con difusor en vidrio templado	1	Accesorios	glb	0.1		0.1	1,000.00	\$100.00
		2	Herramienta menor	glb	1.7		1.7	5,000.00	\$8,500.00
		3	Transporte	glb	0.12		0.12	25,000.00	\$3,000.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.125		0.125	96,250.00	\$12,031.00
		19	Luminaria Schreder Isla LED - 34 LEDs por 1,2 W	un	1		1	3,489,850.00	\$3,489,850.00

		20	Poste tronco cónico liso 6 mts, galvanizado en caliente con cja en base y Pernos	un	1		1	849,600.00	\$849,600.00
		21	Caja de Paso Piso de 20*20*20	un	1		1	17,142.00	\$17,142.00
		22	Empalme en derivación en GEL	un	4		4	16,800.00	\$67,200.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	14	5.00%	14.7	1,180.00	\$17,346.00
		27	Estiker para marcación de luminaria con numeración	un	1		1	1,350.00	\$1,350.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.125	5.00%	0.13125	270,000.00	\$35,438.00
1.04	Suministro, Transporte e Instalación de puesta a tierra con varilla Cu 5/8" *2,4 mts	1	Accesorios	glb	0.5		0.5	1,000.00	\$500.00
		2	Herramienta menor	glb	1.3		1.3	5,000.00	\$6,500.00
		3	Transporte	glb	0.3		0.3	25,000.00	\$7,500.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.25		0.25	96,250.00	\$24,063.00
		28	Varilla P/T Cobre 5/8 * 2,4 m	un	1		1	78,000.00	\$78,000.00
		29	Cemento conductivo	bto	0.25		0.25	95,000.00	\$23,750.00
		30	Conector tipo cuña	un	1		1	12,000.00	\$12,000.00
1.05	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #14 T	1	Accesorios	glb	0.9		0.9	1,000.00	\$900.00
		2	Herramienta menor	glb	0.25		0.25	5,000.00	\$1,250.00
		3	Transporte	glb	0.015		0.015	25,000.00	\$375.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.007		0.007	96,250.00	\$674.00
		24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,690.00	\$1,775.00
		26	Cable de cobre THW N° 14 AWG	m	1	5.00%	1.05	815.00	\$856.00
1.06	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. mCable de Cu THW AWG 2 #10 + 1#12T	1	Accesorios	glb	0.9		0.9	1,000.00	\$900.00
		2	Herramienta menor	glb	0.25		0.25	5,000.00	\$1,250.00
		3	Transporte	glb	0.018		0.018	25,000.00	\$450.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.01		0.01	96,250.00	\$963.00
		24	Cable de cobre THW N° 10 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,690.00	\$1,775.00
		25	Cable de cobre THW N° 12 AWG	m	1	5.00%	1.05	1,180.00	\$1,239.00
1.06	Suministro, Transporte e Instalación. Cable de Cu THW AWG #14	1	Accesorios	glb	0.2		0.2	1,000.00	200.00
		2	Herramienta menor	glb	0.19		0.19	5,000.00	950.00

		3	Transporte	glb	0.011		0.011	25,000.00	275.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.004		0.004	96,250.00	385.00
		24	Cable de cobre THW N° 14AWG	m	1	5.00%	1.05	815.00	856.00
1.07	Corte, Demolición y Construcción de andén de 10 cm de espesor	1	Accesorios	glb	0.2		0.2	1,000.00	\$200.00
		2	Herramienta menor	glb	0.06		0.06	5,000.00	\$300.00
		3	Transporte	glb	0.01		0.01	25,000.00	\$250.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	0.25		0.25	96,250.00	\$24,063.00
		13	Concreto 3000psi	m3	0.1	5.00%	0.105	270,000.00	\$28,350.00
		31	Transporte de escombros	glb	0.1		0.1	18,000.00	\$1,800.00
		32	Martillo Neumático + operador	hra	0.16		0.16	69,600.00	\$11,136.00
1.08	Corte, Demolición y Construcción de Pavimento asfáltico de 0,20 m	1	Accesorios	glb	1.2		1.2	1,000.00	\$1,200.00
		2	Herramienta menor	glb	3.5		3.5	5,000.00	\$17,500.00
		3	Transporte	glb	0.5		0.5	25,000.00	\$12,500.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	1.5		1.5	96,250.00	\$144,375.00
		31	Transporte de escombros	glb	0.125		0.125	18,000.00	\$2,250.00
		32	Martillo Neumático + operador	hra	0.5		0.5	69,600.00	\$34,800.00
		33	Cortadora de disco + operador	hra	0.5		0.5	13,920.00	\$6,960.00
		34	Pavimento asfáltico MDC2	m3	0.1	5.00%	0.105	273,760.00	\$28,745.00
1.09	Automatismo	1	Accesorios	glb	2.5		2.5	1,000.00	\$2,500.00
		2	Herramienta menor	glb	5		5	5,000.00	\$25,000.00
		3	Transporte	glb	0.16		0.16	25,000.00	\$4,000.00
		4	Cuadrilla eléctrica #1	jnl	1.6		1.6	96,250.00	154,000.00
		35	Gabinete Metálico de 30*30*10	un	1		1	105,000.00	\$105,000.00
		36	Riel omega	un	1		1	4,200.00	\$4,200.00
		37	Contacto LC1D09 Telemecanic	un	1		1	132,300.00	\$132,300.00
		38	Portafusible		1		1	15,370.00	\$15,370.00
		39	Fusible	un	1		1	232.00	\$232.00
		40	Timer Programable 220 V TAPD-22	un	1		1	214,200.00	\$214,200.00

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS							
OBRA: Sistema Eléctrico de Alumbrado Peatonal- UIS						CONTRATO	
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	VALOR UNITARIO	CANT	SUBTOTAL	
1.00		SISTEMA ILUMINACIÓN LED					
1.01	C	Suministro, transporte e Instalación de tubería PVC 3/4"	M	13,148.00	942	\$12,381,998.00	
1.02	C	Caja de inspección 0,65*0,55*0,5 mts	UND	432,765.00	5	\$2,163,825.00	
1.03	C	Suministro, Transporte e Instalación Luminaria LED 34 * 1,2 W con difusor en vidrio templado	UND	4,501,557.00	49	\$220,576,293.00	
1.04	C	Suministro, Transporte e Instalación de puesta a tierra con varilla Cu 5/8" *2,4 mts	ML	152,313.00	4	\$609,252.00	
1.05	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 3 #10 + 1 #12 T	ML	9,951.00	165	\$1,641,915.00	
1.06	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW 2 #10 + 1 #12 T	ML	7,454.00	685	\$5,105,990.00	
1.07	C	Suministro, Transporte e Instalación de red subterránea. Cable de Cu THW AWG 2 #10 + 1#14T	ML	6,708.00	96	\$643,968.00	
1.08	C	Suministro, Transporte e Instalación. Cable de Cu THW AWG #14	ML	2,666.00	392	\$1,045,072.00	
1.09	C	Corte, Demolición y Construcción de andén de 10 cm de espesor	ML	66,099.00	10	\$660,990.00	
1.10	C	Corte, Demolición y Construcción de Pavimento asfáltico de 0,20 m	ML	248,330.00	280	\$69,532,400.00	
1.11	C	Automatismo	UND	442,370.00	2	\$884,740.00	
1-ST		Subtotal				\$315,246,443.00	
TOTAL COSTO DIRECTO						\$315,246,443.00	
A.I.U (20%)						\$63,049,289.00	
VALOR TOTAL						\$378,295,732.00	
IVA (16% SOBRE UTILIDAD)						\$2,521,972.00	
SUBTOTAL						\$380,817,704.00	
<p>_____</p> <p>Diana Carolina Castillo Bueno Proyectista</p>						<p>_____</p> <p>Ing. Idania Yuliany Mejía Contreras Proyectista</p>	

3.2.2 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.2.2.1 Unitarios de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES MANTENIMIENTO				
OBRA :	ILUMINACION CON LEDS			ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
SECTOR:	VIAS PEATONALES UIS			
ITEM DE PAGO :	1.1	LIMPIEZA LUMINARIAS	MARCA B	OCTUBRE DE 2010
FECHA :				

1. EQUIPO, TRANSPORTE Y
MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD.	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.25	\$2,500	\$625
Camioneta	glb	0.04	\$100,000	\$4,000
Ayudante - Prestaciones	dia	0.04	\$35,000	\$1,400
Oficial-Prestaciones	dia	0.04	\$61,250	\$2,450
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 8,475.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES MANTENIMIENTO				
OBRA :	ILUMINACION CON LEDS			ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
SECTOR:	VIAS PEATONALES UIS			
ITEM DE PAGO :	1.2	LIMPIEZA CAJAS DE INSPECCION		OCTUBRE DE 2010
UNIDAD DE MEDIDA:				

1. EQUIPO, TRANSPORTE Y MANO DE
OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD.	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.16	\$2,500	\$400
Camioneta	glb	0.03	\$100,000	\$3,000
Ayudante	dia	0.03	\$35,000	\$1,050
Oficial	dia	0.03	\$61,250	\$1,838
TOTAL COSTO DIRECTO				6,288

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES
MANTENIMIENTO**

OBRA : <u>ILUMINACION CON LEDS</u>	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS
SECTOR: <u>VIAS PEATONALES UIS</u>	
ITEM DE PAGO : <u>1.3 CAMBIO DE LUMINARIAS</u>	FECHA : <u>OCTUBRE DE 2010</u>
	UNIDAD DE MEDIDA: _____

**1. EQUIPO, TRANSPORTE Y
MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD.	CANTID.	V/R. UNITARIO	V/R. PARCIAL
Herramienta Menor	glb	0.60	\$5,000	\$3,000
Accesorios	glb	1.20	\$1,000	\$1,200
Luminaria LED	un	1.00	\$3,489,850	\$3,489,850
Transporte	glb	0.13	\$25,000	\$3,250
Ayudante	dia	0.13	\$35,000	\$4,550
Oficial	dia	0.13	\$61,250	\$7,963
TOTAL COSTO DIRECTO				\$3,508,613

3.2.2.2 Operación

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES			
OPERACIÓN			
Características	Futura TIPO 1	Actuales	
		MERCURIO TIPO HONGO	SODIO TIPO FAROL
Potencia Nominal (W)	40.8	125	70
Potencia Real Con Perdidas (W)	51.8	131.25	73.5
Numero de Luminarias	1	1	1
Costo kWh	\$ 365.96	\$ 365.96	\$ 365.96
Tiempo Día	12	12	12
Días (año)	365	365	365
Hrs año	4380	4380	4380
Vida Útil (hrs)	50000	20000	18000
Vida Útil (años)	11.42	4.57	4.11
Costo Energia	\$ 83,030.47	\$ 210,381.26	\$ 117,813.50

3.2.2.3 Administración

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
ILUMINACION CON LEDS EN LAS VIAS PEATONALES			
ADMINISTRACION			
Trabajador	Día	Prestaciones	Valor total
OPERADOR (1)	\$ 17,166.00	75%	\$ 30,040.50
INGENIERO ELECTRICISTA (1)	\$ 80,000.00	75%	\$ 140,000.00
TOTAL COSTO DIRECTO			\$ 170,040.50

3.2.2.4 Análisis de Costos

AÑO	COSTO LIMPIEZA LUMINARIA	COSTO LIMPIEZA CAJA DE INSPECCION	COSTO DE REEMPLAZO	COSTO DE OPERACIÓN LED	COSTO DE OPERACIÓN ACTUALES	AHORRO EN EL COSTO OPERACION	COSTO DE ADMINISTRACION	VALOR TOTAL AÑO
0								\$ 380,817,704.00
1				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
2				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
3	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
4				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
5				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
6	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
7				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
8				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
9	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
10				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
11			\$ 206,306,464.00	\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	-\$ 195,582,682.47
12	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
13				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
14				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
15	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
16				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
17				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
18	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
19				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
20				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
21	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00		\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
22			\$ 206,306,464.00	\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	-\$ 195,582,682.47
23				\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53

24	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00	\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
25			\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
26			\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
27	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00	\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
28			\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
29			\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,723,781.53
30	\$ 415,275.00	\$ 308,112.00	\$ 4,068,493.03	\$ 14,962,315.06	\$ 10,893,822.03	\$ 170,040.50	\$ 10,000,394.53
VALOR PRESENTE TOTAL DE AOM							\$ 16,861,633.97

VALOR PRESENTE TOTAL AOM	\$ 16,861,633.97
COSTO TOTAL DE LA OBRA	\$ 380,817,704.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	-\$ 363,956,070.03

