

Proyecto piloto de tele gestión del alumbrado público de la Universidad Industrial de Santander

Edwin Fernando Ayala Cadena
Jerson Yadir Orozco Quintero



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2016

*PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DEL
ALUMBRADO PUBLICO DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER*

Edwin Fernando Ayala Cadena
Jerson Yadir Orozco Quintero

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Director:

Dr. Gabriel Ordóñez Plata

Codirector

Ing. Manuel José Ortiz Rangel

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2016

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2.1. JUSTIFICACIÓN.....	12
2.2. OBJETIVO GENERAL	13
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1. ALUMBRADO PÚBLICO.....	14
3.1.1. Sistema de alumbrado público (AP)	14
3.1.2. Flujo luminoso (ϕ).....	14
3.1.3. Luminancia (Lv)	15
3.1.4. Luminaria	16
3.1.5. Eficacia lumínica o luminosa	17
3.1.6. Eficiencia de una luminaria	17
3.1.7. Características generales de las luminarias tipo LED.....	19
3.2. TELEGESTIÓN	22
3.3. VENTAJAS DE LA TELE GESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	23
3.3.1. Optimización de los costos utilización	23
3.3.2. Uso eficiente y racional de la energía (U.R.E)	23
3.3.3. Ventajas específicas de la telegestión en el alumbrado público	25
3.4. NIVELES DE UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN	25
3.4.1. Descripción del primer nivel	26
3.4.2. Descripción del segundo nivel	27
3.4.3. Descripción del tercer nivel	27
3.5. COMUNICACIONES DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN	28
3.5.1. Estándares de comunicación inalámbrica	29
3.6. PROVEEDORES DE SISTEMAS DE TELEGESTIÓN.....	30
3.6.1. Sistema de telegestion de Schreder	30
3.6.2. Sistema de telegestion de Philips	31
3.6.3. Sistema de telegestion de Minos	32
3.7. MÉTODO DE LOS 9 PUNTOS	33

3.8.	CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO ₂	34
3.8.1.	<i>Categorías de emisiones de GEI en organizaciones</i>	35
3.8.2.	<i>Consumo de energía eléctrica</i>	36
3.8.3.	<i>Emisiones de CO₂ sin proyecto de iluminación LED ni tele gestión</i>	36
4.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR ACTUAL.....	36
4.1.1.	<i>Estado actual del sistema de iluminación de exteriores de la UIS.</i>	36
4.1.2.	<i>Luminarias utilizadas en el Campus Central de la UIS</i>	37
4.1.3.	<i>Cajas de inspección del sistema eléctrico</i>	38
4.1.4.	<i>Cableado existente en la red eléctrica de alumbrado de exteriores del campus central de la UIS.</i>	39
4.1.5.	<i>Cálculos fotométricos de la red (método europeo de los 9 puntos)</i>	40
4.1.6.	<i>Vías para tráfico peatonal y de ciclistas.</i>	43
4.2.	INVITACIÓN DE LA UIS PARA PRESENTAR UNA PROPUESTA DE DISEÑO FOTOMÉTRICO	44
4.2.1.	<i>Descripción del proyecto</i>	45
4.2.2.	<i>Plazo para presentar la propuesta de diseño fotométrico</i>	45
4.2.3.	<i>Categorización del proyecto</i>	46
4.2.4.	<i>Proceso de selección y evaluación del diseño fotométrico</i>	46
4.2.5.	<i>Evaluación técnica del diseño fotométrico</i>	47
4.2.6.	<i>Parámetros fotométricos de diseño</i>	47
4.2.7.	<i>Parámetros específicos de diseño</i>	47
4.2.8.	<i>Evaluación financiera del diseño fotométrico</i>	49
4.2.9.	<i>Propuesta de diseño fotométrico</i>	49
5.	ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN.....	50
5.1.	LOCALIZACIÓN	50
5.2.	DETALLE DEL PROCESO.....	52
5.3.	EVALUACIÓN TÉCNICA	55
5.4.	SIMULACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS LUMINARIAS DEL PROVEEDOR SELECCIONADO	57
5.5.	FUNCIONALIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTROLADORES A UTILIZAR.....	59
6.	ESTUDIO ECONÓMICO	63
6.1.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	63
6.2.	ANÁLISIS ACTUAL SIN EL PROYECTO (SISTEMA CONVENCIONAL).....	63
6.3.	COSTOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL.....	64
6.4.	COSTOS DE MANO DE OBRA.	65
6.5.	VALOR DE LUMINARIAS DE SODIO ACTUALES SIN EL PROYECTO.....	65

6.6.	RESUMEN COSTOS Y GASTOS SIN EL PROYECTO	67
6.7.	ANÁLISIS CON EL PROYECTO (SISTEMA DE TELEGESTIÓN)	68
6.8.	VALOR DE LA INVERSIÓN INICIAL SISTEMA DE TELEGESTIÓN.....	68
6.9.	COSTOS Y GASTOS DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS LED.....	69
6.10.	COSTOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL CON EL PROYECTO DE TELEGESTIÓN.	69
6.11.	DIMERIZACIÓN PARA EL CONTROL DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS LED CON EL PROYECTO DE TELEGESTIÓN	70
6.12.	RESUMEN COSTOS Y GASTOS CON EL PROYECTO	72
6.13.	ANÁLISIS CON EL SISTEMA DE TELEGESTIÓN Y REDISEÑO ELÉCTRICO.....	73
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	76
7.1.	EVALUACIÓN ECONÓMICA SIN PROYECTO	76
7.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA CON EL PROYECTO DE LUMINARIAS LED Y TELEGESTIÓN	78
8.	CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO2	81
9.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	83
10.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	86
10.1.	CONCLUSIONES	86
10.2.	RECOMENDACIONES	88
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	BIBLIOGRAFÍA	92
	ANEXOS	95

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 FRECUENCIAS DE EMISIÓN TÍPICAS DE LOS LED.....	18
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS.....	19
TABLA 3 ÍNDICE DE PROTECCIÓN (IP) CONCEPTO CIFRA 1.....	20
TABLA 4 ÍNDICE DE PROTECCIÓN IP CONCEPTO CIFRA 2.....	21
TABLA 5 CATEGORÍA DE ESFUERZO EN JOULE.....	22
TABLA 6. RESULTADOS OBTENIDOS DEL CÁLCULO DE LA LUMINANCIA DEL SISTEMA ACTUAL.....	41
TABLA 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUXÓMETRO FX-200.....	42
TABLA 8. CLASES DE ILUMINACIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE VÍAS EN ÁREAS PEATONALES Y DE CICLISTAS.....	43
TABLA 9 REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN PARA TRÁFICO PEATONAL.....	44
TABLA 10 CATEGORIZACIÓN DEL PROYECTO.....	46
TABLA 11 PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS REQUERIDOS.....	47
TABLA 12 PARÁMETROS ESPECÍFICOS DE DISEÑO.....	47
TABLA 13 MALLAS DE CÁLCULO FOTOMÉTRICO.....	49
TABLA 14. EVALUACIÓN TÉCNICA.....	58
TABLA 15 COSTOS Y GASTOS ASOCIADOS A LA REPOSICIÓN DE LUMINARIAS DE SODIO.....	64
TABLA 16 COSTOS DEL CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA POR TIPO DE LUMINARIA.....	65
TABLA 17 COSTO DEL MANTENIMIENTO DEL AP DE LA UIS POR DÍA.....	65
TABLA 18 . VALOR TOTAL DE LUMINARIAS ACTUALES SIN PROYECTO.....	66
TABLA 19. RESUMEN DE COSTOS Y GASTOS SIN PROYECTO.....	67
TABLA 20 CANTIDAD DE LUMINARIAS LED.....	68
TABLA 21 VALOR DE LA INVERSIÓN INICIAL DE LUMINARIAS LED.....	68
TABLA 22 COSTOS Y GASTOS ASOCIADOS A LA REPOSICIÓN DE LUMINARIAS LED.....	69
TABLA 23 COSTOS DEL CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA POR TIPO DE LUMINARIA LED.....	69
TABLA 24 COSTO TOTAL DEL PERSONAL REQUERIDO EN EL PROYECTO.....	70
TABLA 25 REDUCCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR DIMERIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS.....	71
TABLA 26 RESUMEN DE COSTOS Y GASTOS CON PROYECTO.....	72
TABLA 27 PROPUESTA PARA EL REDISEÑO ELÉCTRICO CON ILUMINACIÓN LED Y SISTEMA DE TELE GESTIÓN.....	74
TABLA 28 CONSUMO DE ENERGÍA, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN ANUAL.....	75
TABLA 29 COSTO TOTAL E INVERSIÓN INICIAL.....	75
TABLA 30 COSTOS FIJOS ANUALES.....	76
TABLA 31 PROYECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ACTUAL A 24 AÑOS.....	77
TABLA 32 LUMINARIAS LED CONSUMO ANUAL.....	78
TABLA 33 PROYECCIÓN DE SOLUCIÓN LED.....	79
TABLA 34 RESULTADOS.....	80
TABLA 35 EMISIONES DE CO2 PROYECTO ACTUAL.....	81
TABLA 36 EMISIONES DE CO2 CON ILUMINACIÓN LED.....	81
TABLA 37 EMISIONES DE CO2 CON ILUMINACIÓN LED + TELE GESTIÓN.....	82
TABLA 38 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN COLOMBIA.....	12
FIGURA 2 PARTES DE LA LUMINARIA.....	16
FIGURA 3 SISTEMA DE CONTROL ASTRONÓMICO DE ALUMBRADO SC2A-60.....	25
FIGURA 4 ARQUITECTURA DE LA TELE GESTIÓN.....	26
FIGURA 5. SISTEMA SCHREDER TELEGESTIÓN.....	30
FIGURA 6. SISTEMA PHILIPS TELEGESTIÓN.....	31
FIGURA 7. SISTEMA MINOS.....	32
FIGURA 8 CÁLCULO DE LA ILUMINANCIA PROMEDIO, CONFIGURACIONES MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS.....	33
FIGURA 9 ESTADO ILUMINACIÓN EXISTENTE.....	38
FIGURA 10 ESTADO DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE LA RED ELÉCTRICA DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	39
FIGURA 11 CABLEADO DE LA RED EXISTENTE.....	40
FIGURA 12 LUXÓMETRO AMPROBE LMI20.....	43
FIGURA 13 UBICACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	45
FIGURA 14. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	51
FIGURA 15. NIVELES DE TELEGESTIÓN.....	52
FIGURA 16 COMPONENTES DE UNA LUMINARIA LED.....	53
FIGURA 17. TABLERO DE CONTROL.....	54
FIGURA 18. SOFTWARE SIDAR.....	55
FIGURA 19. SOFTWARE SIDAR S2-5 PLAZOLETA LUIS A. CALVO.....	59
FIGURA 20 CONTROL DE LUMINARIA LED.....	60
FIGURA 21 CONTROLADOR LUCO.....	60
FIGURA 22 CONTROLADOR (SECO).....	61
FIGURA 23 RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	80
FIGURA 24 EMISIONES DE CO₂ DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	82

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A LISTA DE CHEQUEO Y CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS QUE DEBEN CUMPLIR LAS LUMINARIAS	95
ANEXO B. PLANOS DE PLANTA CON DISTANCIAS DE MONTAJE	97
ANEXO C. FOTOS SECTORIZADAS (NIVEL DE ARBORIZACIÓN)	97
ANEXO D. CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS DEL SISTEMA ACTUAL POR EL MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS	97
ANEXO E. ESTUDIO FOTOMETRICO Y FICHAS TECNICAS DE LA LUMINARIAS LED.....	99
ANEXO F. TABLA F.I. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	106
ANEXO G. G1 COTIZACIONES RECIBIDAS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	124
ANEXO H. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE OBRA CIVIL	126
ANEXO I. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EVALUADAS DE CADA SISTEMA.....	127
ANEXO J. MANUALES DE SISTEMAS DE TELEGESTIÓN E ILUMINACIÓN LED.	128

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alumbrado público proveen un servicio de gran beneficio social a las poblaciones urbanas y rurales e inciden de manera significativa en el consumo total de la energía, por ejemplo para el año 2005 el 3% del consumo total de energía eléctrica en Colombia fue por el funcionamiento del alumbrado público, lo cual se traduce en un consumo de 1.600 GWh y con la tarifa correspondiente promedio representa un costo de \$364.800 millones de pesos. [12].

La característica constante de la demanda y los periodos fijos de consumo facilitan el dimensionamiento de los sistemas eléctricos dedicados al servicio de alumbrado público, adicionalmente en los aspectos de consumo la penetración de nuevas tecnologías han propiciado la reducción de los consumos energéticos y el incremento de la cobertura del servicio con la misma infraestructura. El concepto de uso racional y eficiente de la energía en los sistemas de alumbrado público se incorpora con mejores expectativas de eficiencia y racionalización de los consumos para la misma o mejor calidad de servicio.

Desde la óptica de la calidad de la energía la naturaleza constante de cargas de alumbrado típicas pueden producir fenómenos acumulativos que reducen la calidad de la onda y el dimensionamiento del sistema por presencia de corrientes armónicas y energía reactiva.

Los sistemas monitoreados con respecto a otros donde no se tiene un diagnóstico energético oportuno son más eficientes y permiten disminuir los tiempos en las intervenciones técnicas lo que mejora la percepción de la ciudadanía conforme a la calidad del servicio. [2]

La telegestión aplicada al alumbrado público en la UIS se convierte en una herramienta para controlar, gestionar y supervisar las características y eventos que se puedan presentar, tales como fallas en los equipos auxiliares, balasto, condensador, fusible y fotocontrol, con el objetivo de tener precisión en los elementos que se afectan; además que se pueden evidenciar puntos de luz encendidos en el día y otros que no funcionen en la noche [2].

En el estudio realizado se efectuó un reconocimiento del estado actual del sistema de iluminación de exteriores del Campus Central de la UIS, con lo cual se sentaron las bases para identificar los puntos críticos a controlar en la implementación del proyecto piloto.

Adicionalmente se realizó una inspección visual en las vías peatonales de la universidad, con el acompañamiento de personal de división de planta física, para verificar el estado de las redes eléctricas, cajas de inspección, cajas de paso, postes de iluminación y tipos de luminarias instaladas.

Por otra parte, este trabajo de grado toma como punto de partida el rediseño eléctrico propuesto en el trabajo de grado de la referencia [17], el cual servirá de base para proponer el sistema de telegestión (tecnología LED) que mejor se adapte al rediseño propuesto en este documento. Además se identificarán los requerimientos específicos de las luminarias, las características técnicas y los parámetros fotométricos requeridos según las exigencias del RETILAP para la propuesta de rediseño fotométrico.

Se analizaron los aspectos más relevantes para el diseño previamente seleccionado de telegestión que mejor se ajuste al sistema de iluminación. Para ello se identificaron los diferentes sistemas de telegestión encontrados en el mercado, con el fin de determinar las diferentes funcionalidades de estos.

Se evaluaron diferentes modelos de telegestión y se adoptó el que mejor se ajustó a las necesidades técnicas, considerando la arquitectura de un sistema de telegestión con las tipologías de los equipos existentes en el mercado y las normativas por las cuales se rigen estos diseños. Adicionalmente se presentarán las ventajas técnico-económicas de implementar un sistema de telegestión en la operación del alumbrado público del Campus Central de la Universidad Industrial de Santander.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

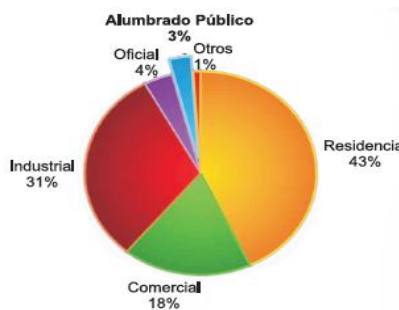
El Decreto 2331 del 2007 artículo segundo dicta para entidades públicas del estado, el uso obligatorio de lámparas de alumbrado exterior que se encuentren a la vanguardia en cuanto a consumo energético se refiere, es por tal motivo que el trabajo de grado desarrolla todo el sistema de telegestión utilizando lámparas LED (light-emitting diode), las cuales se encuentran cumpliendo con la normatividad actual.

El sistema actual de iluminación exterior de la UIS no se puede monitorizar en tiempo real, y por ende no reporta oportunamente las averías que se presenten en la instalación, luego no se puede intervenir con rapidez antes de que el usuario se vea afectado y sufra molestias.

Se evidencia la necesidad de actualizar en la UIS a nuevas tecnologías de la información y la comunicación para tener centralizada la base de datos referente a quejas y reclamos. Con los sistemas de telegestión se podrá anticipar a las fallas ocasionadas por desgaste de los elementos que componen la luminaria mediante una lectura que reporta el tiempo de funcionamiento de los equipos [3].

En la Figura 1 se observa el consumo de energía eléctrica en Colombia para el 2005 del cual el 3% corresponde a gasto por alumbrado público. Aunque este porcentaje es aparentemente bajo, sigue siendo un importante foco para el ahorro y la aplicación del uso racional de energía (URE). Para el 2007, la demanda de energía eléctrica fue estimada en 52 850 GWh de los cuales el 3% equivale a 1 600 GWh que con una tarifa promedio de 228 \$/kWh¹ representa la suma de \$364 800 millones de pesos al año.

Figura 1 Consumo de energía eléctrica del alumbrado público en Colombia



Fuente: Unidad de Planeación Mienero Energética (UPME) guía didáctica para el buen uso de la energía . [12]

Ahora bien, en el caso de la UIS sede principal el consumo para el año 2014 fue de 6 830 GWh (fuente: Planta física) de los cuales el 3% equivale a 204 921 kWh y usando la tarifa promedio de 228 \$/kWh se tendría la suma de \$46 721 804 millones de pesos al año.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la UIS cuenta con un sistema de alumbrado público que presenta falencias en su estructura eléctrica como son cables expuestos a la intemperie, ausencia de señalización conforme a la norma (RETILAP), y físicas como cajas de inspección cubiertas por sedimentos y ruptura de los tubos de protección de cableado (ver figuras 10 y 11), las cuales implican costos de mantenimiento y consumos elevados de energía eléctrica. Adicionalmente las lámparas instaladas en el parque lumínico son de sodio de 150 W y 75 W respectivamente, distribuidas de forma tal que no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la norma para iluminación de exteriores en calles

¹ Tomado de Unidad de Planeación Mienero Energética (UPME) guía didáctica para el buen uso de la energía

peatonales (ver Tabla 6). Adicionalmente, la utilización de estas lámparas impacta en la generación de CO₂ (Ver Tabla 35) lo que aumenta la huella de carbono que produce anualmente la UIS.

La telegestión propuesta en este trabajo de grado tiene como objetivo primordial desagregar, controlar y gestionar el consumo y funcionamiento del sistema eléctrico de alumbrado público de la UIS, ya que en este momento se presentan dificultades para realizar mediciones periódicas y controladas del parque lumínico, porque su funcionamiento depende en gran medida del sistema eléctrico de los edificios más cercanos a cada una de las lámpara instaladas.

La tecnología LED en conjunto con el sistema de tele gestión va acorde con la filosofía implementada en los últimos años por la UIS, la cual se encuentra interesada en repotenciar, controlar y actualizar de manera conjunta todos los sistemas eléctricos de los diferentes edificios que conforman el campus central, para ello se encuentran instalados sistemas de telecomunicaciones como por ejemplo ANDOVER, que permite controlar la iluminación interna del edificio de Ingeniería Eléctrica que a su vez puede funcionar con un sistema de iluminación de exteriores compatible con ZIGBEE, indicado para la gestión de las lámparas LED, por ende se permitirá una sinergia entre las plataformas actuales y las nuevas a implementar.

El sistema de telegestión permite la monitorización de los diferentes puntos de iluminación de alumbrado en tiempo real, lo que facilita la detección de fallas, que permitirá disminuir los costos por mantenimiento anual del parque lumínico, debido a que no habría necesidad de realizar inspecciones visuales y técnicas realizadas mensualmente por una cuadrilla de planta física.

Todos los factores mencionados anteriormente permiten dar soluciones a los problemas actuales que presenta el sistema de iluminación de exteriores y a su vez permitirá desarrollar un estudio de mayor envergadura, el cual podría dar resultados en sinergia con los avances en sistemas de control que están siendo implementados por el Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga.

A continuación se presentan los objetivos del trabajo de grado.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Estudio de la pre factibilidad del sistema piloto de telegestión para el sistema de iluminación exterior del campus central de la Universidad Industrial de Santander.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir las especificaciones técnicas del sistema piloto de telegestión para el alumbrado exterior del campus central de la Universidad Industrial de Santander, con base en una revisión de información de fuentes secundarias.
- Presentar una solución técnico-económica a la Universidad Industrial de Santander, basados en el estudio realizado en las zonas definidas dentro del proyecto, que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas y la normativa vigente.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los conceptos requeridos para el desarrollo del trabajo propuesto, además se realiza un breve resumen de los métodos técnicos y normativos utilizados en la realización de los cálculos para la obtención de los resultados.

2.1. ALUMBRADO PÚBLICO

Es un servicio público no domiciliario que se presta con el fin de iluminar lugares de libre circulación que incluyen, las vías públicas y demás espacios que se encuentren a cargo del municipio, con el fin de permitir el desarrollo de actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural.

2.1.1. Sistema de alumbrado público (AP)

Comprende el conjunto de luminarias, redes, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte del sistema de distribución [1].

2.1.2. Flujo luminoso (ϕ)

El flujo luminoso es la medida de la potencia luminosa percibida. Difiere del flujo radiante, la medida de la potencia total emitida, en que está ajustada para reflejar la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda.

Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el lumen (lm) y se define a partir de la unidad básica del SI, la candela (cd), El estereorradián es la unidad derivada del SI que mide ángulos sólidos. Es el equivalente tridimensional del radián (sr) como [2]:

$$lm = cd * sr \quad (1)$$

El flujo luminoso se obtiene ponderando la potencia para cada longitud de onda con la función de luminosidad, que representa la sensibilidad del ojo en función de la longitud de onda. El flujo luminoso es, por tanto, la suma ponderada de la potencia en todas las longitudes de onda del espectro visible. La radiación fuera del espectro visible no contribuye al flujo luminoso. Así, para cualquier punto de luz, si F representa el flujo luminoso, $\varphi(\lambda)$ simboliza la potencia radiante espectral del punto de luz en cuestión y $V(\lambda)$ la función de sensibilidad luminosa, entonces [2]:

$$F = 683,002 \int_{\alpha_{visible}} \varphi(\lambda)V(\lambda)d\alpha \quad (2)$$

Bajo condiciones fotópicas una luz monocromática de 555 nm (color verde) con un flujo radiante de 1 W, genera un flujo luminoso de 683,002 lm, que corresponde con la máxima respuesta del ojo humano. Por otro lado, el mismo flujo de radiación situado en otra longitud de onda diferente de la del pico, generaría un flujo luminoso más pequeño, de acuerdo con la curva $V(\lambda)$ [2].

2.1.3. Luminancia (Lv)

En Fotometría, la luminancia se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.

La definición anterior se expresa con la siguiente ecuación [2]:

$$L_V = \frac{d^2 * F}{dS d\Omega \cos\theta} \quad (3)$$

Donde:

L_v Es la luminancia, medida en Nits o candela/metro cuadrado.

F es el flujo luminoso, en lumen.

dS es el elemento de superficie considerado, en metro cuadrado.

dΩ es el elemento de ángulo sólido, en estereorradianes.

θ es el ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada.

La luminancia se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la radiancia sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo. Así, si L_V es la luminancia, $L(\lambda)$ representa la radiancia espectral y $V(\lambda)$ simboliza la curva de sensibilidad del ojo, entonces [2]:

$$L_V = K \int_{visible} L(\lambda)V(\lambda)d\lambda \quad (4)$$

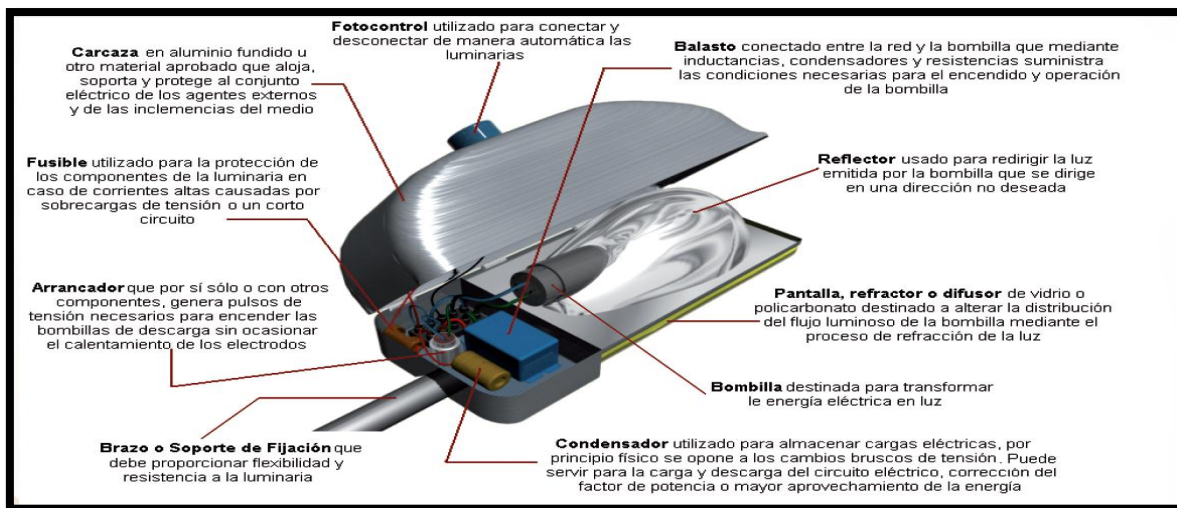
Se puede considerar que el equivalente físico de la luminancia es el brillo o la brillantez. Por ejemplo, considerando el caso de la emisión o reflexión de luz por parte de superficies planas y difusas, la luminancia indicaría la cantidad de flujo luminoso que el ojo percibiría para un punto de vista particular. En este caso, el ángulo sólido que interesa es el subtendido por la pupila del ojo [2].

2.1.4. Luminaria

Conjunto de elementos para distribuir, filtrar, controlar, transformar y dirigir la luz emitida por la bombilla, incluye todos los accesorios mecánicos, ópticos y eléctricos indispensables para el soporte, protección de las bombillas y su conexión a la fuente de alimentación.

En la luminaria se contemplan los componentes mostrados en la Figura 2.

Figura 2 Partes de la luminaria



Fuente: Unidad de Planeación Mienero Energética (UPME) guía didáctica para el buen uso de la energía . [12]

2.1.5. Eficacia lumínica o luminosa

Expresa la relación que existe entre el flujo luminoso que emite una bombilla y la potencia eléctrica consumida. Su unidad de medida es el lumen por vatio (lm/W) [3].

$$Eficacia = \frac{\text{Lumenes emitidos x bombilla}}{\text{Potencia de la bombilla}} \quad (5)$$

2.1.6. Eficiencia de una luminaria

La eficiencia de una luminaria define la relación que existe entre el flujo luminoso emitido por el conjunto (luminaria + bombilla) y el emitido sólo por la bombilla en su interior. Es una medida del aprovechamiento que se hace del flujo luminoso total de la bombilla instalada en una luminaria.

El último gran desarrollo en iluminación son las luminarias LED (light emitting diode). El primer LED se desarrolló a partir de un dispositivo semiconductor compuesto inicialmente por arseniuro fosforo de galio (GaAsP), en el año de 1962, por el estadounidense Nick Holonyak el cual logró un diodo emisor de luz roja con una intensidad lumínica baja, aproximadamente de unos 10 mcd (mili-Candela). Posteriormente en los años 70 cambiaron el color a los espectros cambiando la proporción de los componentes, así se consiguieron colores verde y rojo, utilizando Galio y Fosforo (GaP) se consiguieron los colores ámbar, naranja y rojo [3]. La Tabla 1 muestra la frecuencia de emisión típica de los led según su color y material de construcción.

Tabla 1 Frecuencias de emisión típicas de los LED

Frecuencia	Color	Material
940	Infrarrojo	GaAs
890	Infrarrojo	GaAlAs
700	Rojo profundo	GaP
660	Rojo profundo	GaAlAs
640	Rojo	AlInGaP
630	Rojo	GaAsP/GaP
626	Rojo	AlInGaP
615	Rojo - Naranja	AlInGaP
610	Naranja	GaAsP/GaP
590	Amarillo	GaAsP/GaP
590	Amarillo	AlInGaP
565	Verde	GaP
555	Verde	GaP
525	Verde	InGaN
525	Verde	GaN
505	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
498	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
480	Azul	SiC
450	Azul	InGaN/Zafiro
430	Azul	GaN
425	Azul	InGaN/Zafiro
370	Ultravioleta	GaN

Fuente: Uso de los LED en la iluminación. [4]

En 1993, el profesor japonés Shuji Nakamura basado en publicaciones que demostraban la eficiencia de la unión p-n con el compuesto nitruro de galio (GaN), inventó el diodo emisor de luz fabricado con este compuesto, teniendo como resultado una fuente lumínica azul de gran eficiencia, creando más adelante los LED de color verde y blanco [4].

La Tabla 2 presenta las características de los diferentes sistemas de iluminación.

Tabla 2 Características de las lámparas.

TIPO DE LÁMPARA	RENDIMIENTO <L/Watt>	RANGO DE POTENCIA <W>	VIDA PROMEDIO <horas>
Incandescente convencional	10 – 20	15 – 1500	1000
Incandescente halógena	25	20 – 2000	2000
Tubo fluorescente	60 – 93	16 – 50	10000
CFL o ahorradora de bajo consumo	50 – 81	25 – 200	8000
Halógenas con vapor de mercurio	70 – 96	70 – 250	8000
Sodio de alta presión	90 – 120	150 – 1000	10000
Sodio de baja presión	67-150	18 -180	10000
LED	≥ 80	1 – 160	50000



Fuente: Libro disminución de costos energéticos en la empresa. [8]

2.1.7. Características generales de las luminarias tipo LED

Las características generales de las luminarias tipo LED consideran los siguientes índices:




- IP (Índice de Protección): Caracteriza el grado de protección de carcasas y cubiertas que sirve para la protección de instalaciones eléctricas. En la Tabla 3 se muestra la primera cifra del índice IP que indica la protección del elemento de servicio contra la penetración de impurezas sólidas y, al mismo tiempo, protección de personas contra el acceso a piezas peligrosas. La Tabla 4 muestra la segunda cifra del índice IP que indica la protección del elemento de servicio contra la penetración de agua [15].
- IK (Índice de protección mecánico): Caracteriza el grado de protección realizado por una carcasa para elementos de servicio eléctricos contra esfuerzos mecánicos. En la Tabla 5 se encuentra la categoría de esfuerzos en Joule.
- THD (Distorsión Armónica Total): Es la relación entre el valor eficaz de las componentes armónicas de la señal con el valor eficaz de la onda fundamental, generalmente se da en porcentaje [18].
- FP (Factor de Potencia): es un indicador cuantitativo del aprovechamiento de la energía eléctrica, usado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. En Colombia el factor de potencia inferior a 0,9 se penaliza cobrando la energía reactiva consumida.

Tabla 3 Índice de protección (IP) concepto cifra 1

1. Cifra	Protección de impurezas	Protección contra contacto accidental/aplicación
0	Ninguna protección del elemento de servicio contra la penetración de impurezas sólidas.	Ninguna protección específica para personas contra el contacto accidental de piezas sometidas a tensión o piezas en movimiento. En carcasas sin acceso.
1	Protección contra la penetración de impurezas sólidas $\varnothing > 50$ mm.	Protección contra el contacto accidental extendido (dorso de la mano) de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento. Zonas cubiertas solo accesibles por personal autorizado e instruido.
2	Protección contra la penetración de impurezas sólidas $\varnothing > 12,5$ mm.	Protección contra el contacto con el dedo de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento. Zonas de acceso específico.
3	Protección contra la penetración de impurezas sólidas $\varnothing > 2,5$ mm.	Protección contra el contacto de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento con herramientas, alambres o similares de un grosor de $> 2,5$ mm. Zonas de acceso genérico.
4	Protección contra la penetración de impurezas sólidas $\varnothing > 1$ mm.	Protección contra el contacto de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento con herramientas, alambres o similares de un grosor de > 1 mm. Zonas de acceso genérico.
5 	Protección contra la sedimentación de polvo perjudicial en el interior. La penetración de polvo no se impide por completo. La cantidad penetrante no deberá obstruir la operatividad (protegido del polvo).	Protección absoluta contra el contacto de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento. Zonas de mayor concentración provisional de polvo.
6 	Protección contra la penetración de polvo (estanco al polvo).	Protección absoluta contra el contacto de piezas sometidas a tensión y/o piezas interiores en movimiento. Zonas de acceso genérico.

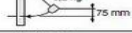
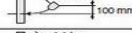
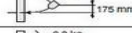
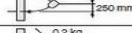
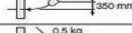

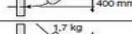
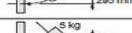
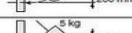
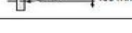
Fuente. Grupo DECORVISE [15]

Tabla 4 Índice de protección IP concepto cifra 2

2. Cifra	Protección del agua	Aplicación
0	Sin protección específica.	En zonas secas.
1	Protección contra el goteo vertical de agua (protección contra el goteo de agua). No deberá tener efectos perjudiciales.	En zonas húmedas con posición vertical predefinida del componente (p. ej., con agua condensada).
2	Protección contra el goteo vertical de agua (protección contra el goteo de agua). No deberá tener efecto perjudicial para un elemento de servicio (carcasa) inclinado hasta 15° en comparación con su posición normal (goteo de agua inclinado).	En zonas húmedas con posición vertical no impecable del componente (p. ej., con agua condensada).
3	 Protección contra agua que cae en un ángulo cualquiera de hasta 60° frente a la perpendicular. No deberá tener efecto perjudicial (protección contra agua rociada).	Zonas expuestas a la lluvia y no al agua rociada.
4	 Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección contra el elemento de servicio (carcasa). No deberá tener efecto perjudicial (protección contra agua rociada).	Zonas expuestas a la lluvia y al agua rociada (p. ej., zonas con vehículos pasando al lado).
5	 Protección contra los chorros de agua que salen de una boquilla, proyectados de cualquier dirección contra el elemento de servicio (carcasa). No deberá tener efecto perjudicial (protección contra los chorros de agua).	Zonas con lavado por chorro de agua de intensidad mediana.
6	Protección contra mar gruesa o fuertes chorros de agua. No deberá penetrar agua en concentraciones perjudiciales en el elemento de servicio (carcasa) (protección contra agujeros)	Zonas con gran oleaje o aguaje (p. ej., malecones).
7	Protección contra el agua cuando el elemento de servicio (carcasa) se sumerge bajo condiciones de presión y tiempo definidas. No deberá penetrar agua en concentraciones perjudiciales (sumersión).	Zonas con sumersión temporal o cubiertas de nieve durante un tiempo prolongado.
8	El elemento de servicio (carcasa) es adecuado para la inmersión permanente en agua bajo condiciones especificadas por el fabricante (inmersión). Las condiciones, sin embargo, han de ser más difíciles que las de cifra 7.	En operación subacuática.

Fuente: DECORVISE [15]

Tabla 5 Categoría de esfuerzo en Joule

IK	Prueba	Energía en joule
IK 00		0
IK 01		0,15
IK 02		0,2
IK 03		0,35
IK 04		0,5
IK 05		0,7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

Fuente: DECORVISE [15]

2.2. TELEGESTIÓN

La referencia [11] define la telegestión de la siguiente forma: “El termino tele gestión se basa en el conjunto de tecnologías de telecomunicación, electrónicas e informáticas interconectados que facilitan el seguimiento en tiempo real del estado actual de dicho sistema eléctrico, permiten controlar a distancia las instalaciones que se encuentren aisladas o distribuidas. Con la tele gestión se solucionan necesidades técnicas y operacionales, ofrece un conjunto de herramientas como lo es la telemedida y monitoreo de las señales de tensión y corriente en tiempo real, las variables a observar se pueden adaptar dependiendo de las necesidades tanto del usuario como de la entidad responsable del suministro del servicio”.

Es decir que con la telegestión se puede controlar el consumo de energía eléctrica de los sistemas de iluminación exterior, por tanto, los criterios para evaluar los sistemas de iluminación son más elaborados y tienen en cuenta además del consumo de energía eléctrica, los costos de operación y mantenimiento.

Actualmente los sistemas de alumbrado público se encuentran en un ciclo de renovación que busca que sean más eficientes en el consumo de energía eléctrica. Adicionalmente, el uso de lámparas de

nuevas tecnologías, disminuye la utilización de elementos nocivos en la fabricación de las lámparas de halógenos.

Para hacer uso de la telegestión, se deben tener dispositivos de control junto a redes de comunicación, que suministren datos precisos en tiempo real del sistema, evaluando de manera continua si se cumplen los índices de calidad.

Para el caso del alumbrado público, como se menciona en la referencia [11]: “El sistema de telegestión facilita la operación y maniobras de manera automática, obteniendo la información centralizada para efectuar seguimiento y control en forma remota, se pueden programar los tiempos de operación de manera automática para la prestación del servicio de alumbrado público. Para poder efectuar control se debe partir de un modelo previo del estado actual de las instalaciones, además de conservar actualizada la base de datos con respecto a cada uno de los elementos que componen la red”.

2.3. Ventajas de la tele gestión del alumbrado público

A continuación se describirán algunos de los beneficios de implementar un sistema de tele gestión.

2.3.1. Optimización de los costos utilización

El sistema permite organizar y planificar las intervenciones operacionales en la red, ya sea mantenimiento o detección de fallas, se eliminan las rondas o inspecciones nocturnas para determinar por medio visual los puntos luminosos que fallan, lo que repercute en reducir los tiempos de respuesta para maniobras correctivas. Se puede recolectar la información necesaria para captar puntos o circuitos que operan de manera ineficiente, con el objetivo de programar mantenimiento preventivo que permita aumentar la vida útil de la red de iluminación, además de guardar de manera automática los eventos más relevantes, realizando seguimiento en tiempo real de la operación del sistema.

2.3.2. Uso eficiente y racional de la energía (U.R.E)

Los equipos de telemedida gestionados de manera remota permite conocer la red y obtener información en tiempo real del comportamiento del sistema, se puede recolectar información de los parámetros eléctricos que se necesiten, ya sea señales de tensión, corriente, potencia activa,

potencia reactiva, factor de potencia o señales para estudios de calidad como distorsión armónica de tensión y corriente, flicker, huecos de tensión, sobre-corriente, picos de tensión entre otros, con el fin de adoptar estrategias para la utilización de manera racional los recursos disponibles para mejorar el suministro del servicio.

En este sentido, la sección 550 del Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP) [10] establece que: “Los transformadores destinados para uso exclusivo del servicio de alumbrado público de potencias que superen los 5 kVA deben estar conectados a un sistema de comunicaciones que permitan el monitoreo y control de manera remota del consumo real de la potencia eléctrica”.

Con relación al uso racional de la energía, la referencia [12] dice: “El uso racional de la energía (URE) se asemeja al aprovechamiento máximo de los recursos que se tienen, sin dejar a un lado la total utilización de los elementos que requieren energía para funcionar, pero que se debe evitar el desperdicio y los desechos contaminantes. De esta manera, regulando el consumo y optimizando la utilización de los recursos se obtiene un sin número de beneficios económicos y ambientales para la sociedad”.

En resumen, la telegestión en el servicio del alumbrado público y el URE están directamente relacionados, pues ambos buscan controlar los suministros energéticos, con la implementación de nuevas tecnologías de iluminación que permitan disminuir las pérdidas de energía eléctrica, aumentando la eficiencia y la calidad del servicio con el fin de aumentar la vida útil de los elementos que hacen parte del sistema sin necesidad de prescindir de ellos; esto se logra con un cambio en la tecnología de las lámparas, pasando de lámparas a bases de mercurio y bombillas de alta presión a tecnologías LED [13].

2.3.3. Ventajas específicas de la telegestión en el alumbrado público

Algunas de las ventajas de la telegestión en alumbrado público son las siguientes:

- Medir en tiempo real y en forma remota los consumos de energía eléctrica.
- Controlar el encendido y apagado de las luminarias por medio de la función llamada “reloj astronómico” (Figura 3) o también denominado interruptor astronómico e interruptor solar, esta herramienta se usa para el control del alumbrado público; incorporando capacidad de programaciones personalizadas que permiten adaptarlo a las necesidades de cada instalación, proporcionando óptima calidad de servicio [13].
- Es posible implementar módulos de reducción de potencia en las luminarias, controlar la intensidad de corriente según los niveles de luminancia requeridos.
- Permite detectar fallas en el condensador de la luminaria para controlar el factor de potencia.
- Se pueden mantener (en las instalaciones nuevas) un nivel de iluminación constante y reducida; a medida que transcurre el tiempo se pierden las características de las luminarias lo cual hace que incremente su valor de medida [11].

Figura 3 Sistema de Control Astronómico de Alumbrado SC2A-60



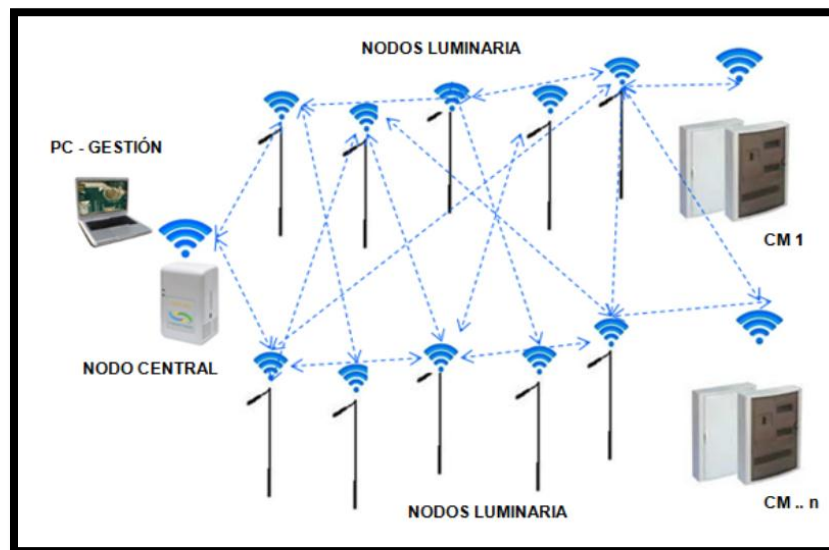
Fuente: sistema de telegestión de luminarias LED, Ispaled

2.4. Niveles de un sistema de telegestión

Para operar una red de alumbrado público mediante un sistema de telegestión se debe ligar la propuesta deseada con la optimización de los recursos, ahorro de energía y mejora de la calidad y la confiabilidad del servicio. El modelo esquemático de conexión que comprende un sistema de

telegestión puede variar de acuerdo al fabricante, pero el principio de funcionamiento se reduce en tres (3) niveles de operación para todos los sistemas (ver Figura 4) [11].

Figura 4 Arquitectura de la Tele gestión



Fuente: Sistema de telegestión de luminarias LED Hispaled [14].

2.4.1. Descripción del primer nivel

El primer nivel se instala en las luminarias, estos dispositivos son los encargados de recolectar y realizar el reporte de la información individual de cada punto de iluminación, detecta el funcionamiento en tiempo real de la luminaria y permite control en ese punto censando fallas o anomalías en el sistema. Los dispositivos de control están directamente conectados por sistemas de información y comunicación para transmitir los datos al siguiente nivel.

El módulo encargado del control requiere un detector de punto de luz en cada luminaria, que no es más que un dispositivo que identifica el punto luminoso con el fin de suministrar la información del funcionamiento de los dispositivos asociados como: la bombilla, arrancador, condensador, y fusible. Además que almacena información de la fecha de implementación de la instalación.

Además se necesita el modem que es el encargado de realizar la interface para la transmisión de los datos por el sistema de comunicación, conectado a un equipo de comunicación.

Se necesita una unidad de control en el tablero de distribución. Esta unidad está dotada de una memoria y un procesador el cual podrá configurar de forma local o remota el modo de operación que se necesita para el funcionamiento de los puntos luminosos que estén asociados [16].

2.4.2. Descripción del segundo nivel

El segundo nivel hace referencia a los centros de distribución de la información, es allí donde se recolectan todos los datos de cada uno de los circuitos existentes, este nivel es el indicado para realizar maniobras de detección de fallas, anomalías en el sistema, medición centralizada, específica y a su vez un análisis de los parámetros eléctricos. De este nivel se transmite la información de cada uno de los puntos luminosos del primer nivel y de la información generada por cada centro de distribución al tercer nivel [16].

Esta unidad de control ubicada en el tablero permite:

- Controlar las protecciones eléctricas
- Tomar registro de los parámetros eléctricos
- Gestionar el sistema de ahorro de energía
- Configurar el uso del reloj astronómico
- Tomar registro de todas las maniobras realizadas

Este módulo permite gestionar un determinado número de puntos luminosos y registrar eventos, cuenta con una batería interna de tal manera que le proporcione autonomía por un tiempo.

Al igual que el primer nivel se necesita la unidad de control de circuitos alimentados en baja tensión ubicados en el tablero de distribución, como en el centro de operación y control remoto. El modem que permita la interface para transmitir los datos, y desde luego el equipo de comunicación.

2.4.3. Descripción del tercer nivel

En el tercer nivel se encuentra el centro de control también llamado sala de gestión, allí se recibe la información de los centros de distribución, se realiza el control de cada uno de ellos, una vez se recibe toda la información se es permitida la supervisión y control físico de la infraestructura del

alumbrado público, la información se recolecta de forma inalámbrica en la mayoría de sistemas de telegestión.

Este módulo se compone por un módulo básico de procesamientos de señales que genera graficas de los comportamientos, listas de los eventos presentados y un reporte técnico del estado actual de sistema [11].

La iluminación exterior es importante para la Universidad Industrial de Santander, ya que ésta alberga alrededor de 10 000 alumnos en su sede central, quienes transitan por los senderos alrededor de los edificios del campus, en horarios nocturnos. Este proyecto se plantea como una solución para reducir el consumo de energía eléctrica utilizada para este fin, además del mejoramiento de los niveles de iluminación a los adecuados y exigidos por el RETILAP [22]; diseñar una iluminación amigable con el medio ambiente. Para esto se considera utilizar luminarias con tecnología LED y se analiza la alternativa de utilizar paneles solares fotovoltaicos como fuente de suministro de la energía eléctrica requerida para la iluminación.

2.5. Comunicaciones del sistema de telegestión

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

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

Redes inalámbricas. La comunicación inalámbrica puede ser la alternativa para la comunicación del sistema de telegestión del servicio de alumbrado público ya que permite crear un sistema de acceso virtual que no necesita de la construcción de un centro de control, la información estará a disposición del operario en cualquier momento y sitio que lo requiera con solo tener acceso a la WEB.

La telefonía móvil permite la gestión total y remota del sistema a través de Internet, al ser un aparato portátil se podrán facilitar los servicios de mantenimiento y maniobras en punto específicos empleando la mensajería de texto como alternativa SMS. (Short Message Service), al ser un servicio

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

2.5.1. Estándares de comunicación inalámbrica

A continuación se resumen los estándares más utilizados para los sistemas de comunicación inalámbrica:

- WPAN: (Wireless Personal Area Networks, red Inalámbrica de área personal) es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.
- WMAN: (Wireless Neighborhood Area Networks, redes inalámbricas de área metropolitana) es una red inalámbrica de área extensa que tiene el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa. Las tecnologías principales son:
 - GSM (Global System for Mobile Communication).
 - GPRS (General Packet Radio Service).
 - UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).
- WLAN: (Wireless Local Area Network) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas.
- WIMAX: (Worldwide Interoperability for Microwave Access, interoperabilidad mundial para acceso por microondas) es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Fórum; todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

2.6. Proveedores de sistemas de telegestión

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

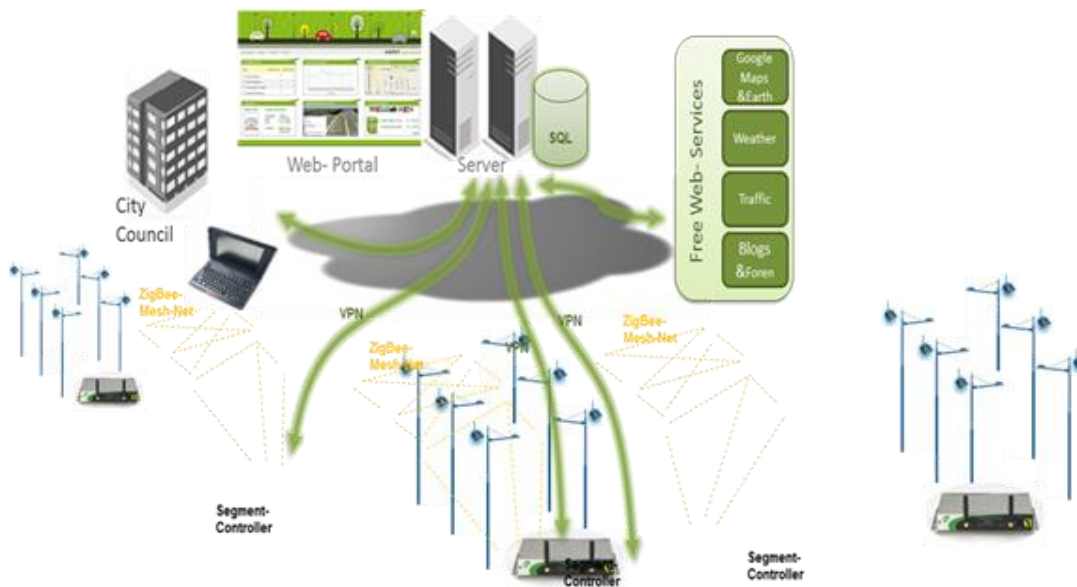
En las figuras 5, 6 y 7 se presentan los sistemas de tele gestión ofrecidos por tres empresas **Schreder, Philips y Minos**.

2.6.1. Sistema de telegestion de Schreder

La empresa Schreder tiene un avanzado sistema de telegestión para monitorizar, controlar, medir y gestionar el alumbrado exterior.

Utiliza un software de fácil utilización que monitoriza, controla y administra la instalación de iluminación llamado OWLET. El núcleo del sistema es el protocolo de comunicación abierto ZigBee, una tecnología de red de malla inalámbrica, ampliamente utilizado en varias industrias donde se necesita una tecnología de red con un estándar industrial seguro y fiable. La Figura 5 presenta un esquema del sistema de esta compañía.

Figura 5. Sistema Schreder Telegestión



Fuente: www.schreder.com

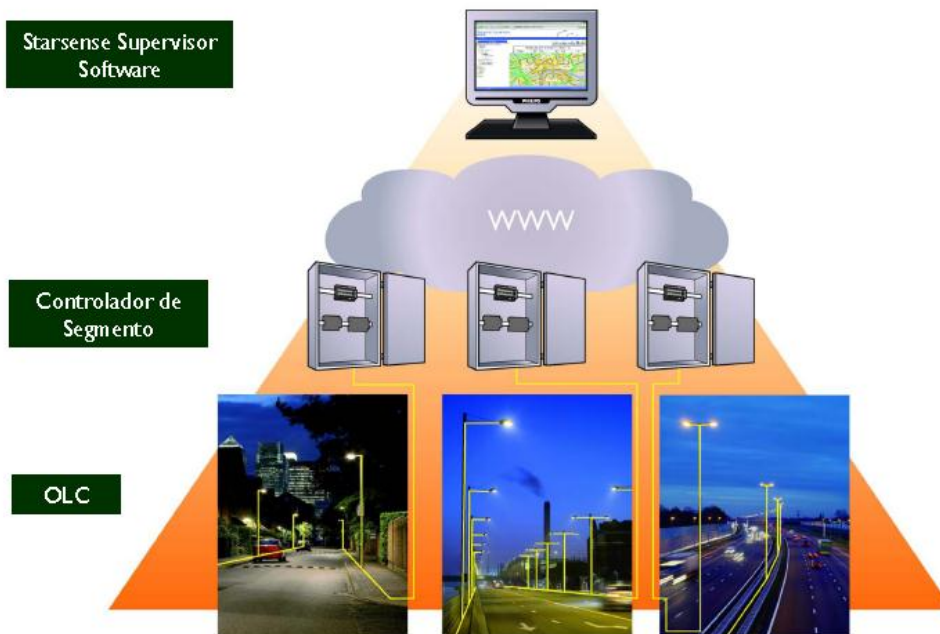
2.6.2. Sistema de telegestión de Philips

La empresa Philips utiliza la tecnología de las comunicaciones de Echelon, en cada una de las luminarias se instala un controlador. Los datos de las luminarias son percibidos por el Segmento Controlador. El responsable del Segmento Controlador (Starsense) gestiona el alumbrado público y se comunica con el centro de control de una ciudad equipada con Starsense Supervisor, un software de portal web (alimentado por Streetlight. Visión). Los agregados de software a millones de datos procedentes de las luminarias y otros dispositivos y proporciona al usuario final con un paquete completo de aplicaciones de gestión Web, incluyendo el análisis de consumo de energía, la identificación automática de fallos, mantenimiento preventivo y las pruebas a distancia y control de alumbrado público en los mapas de la ciudad. La Figura 6 presenta un esquema del sistema de esta compañía.

Figura 6. Sistema Philips telegestión

PHILIPS

El Sistema

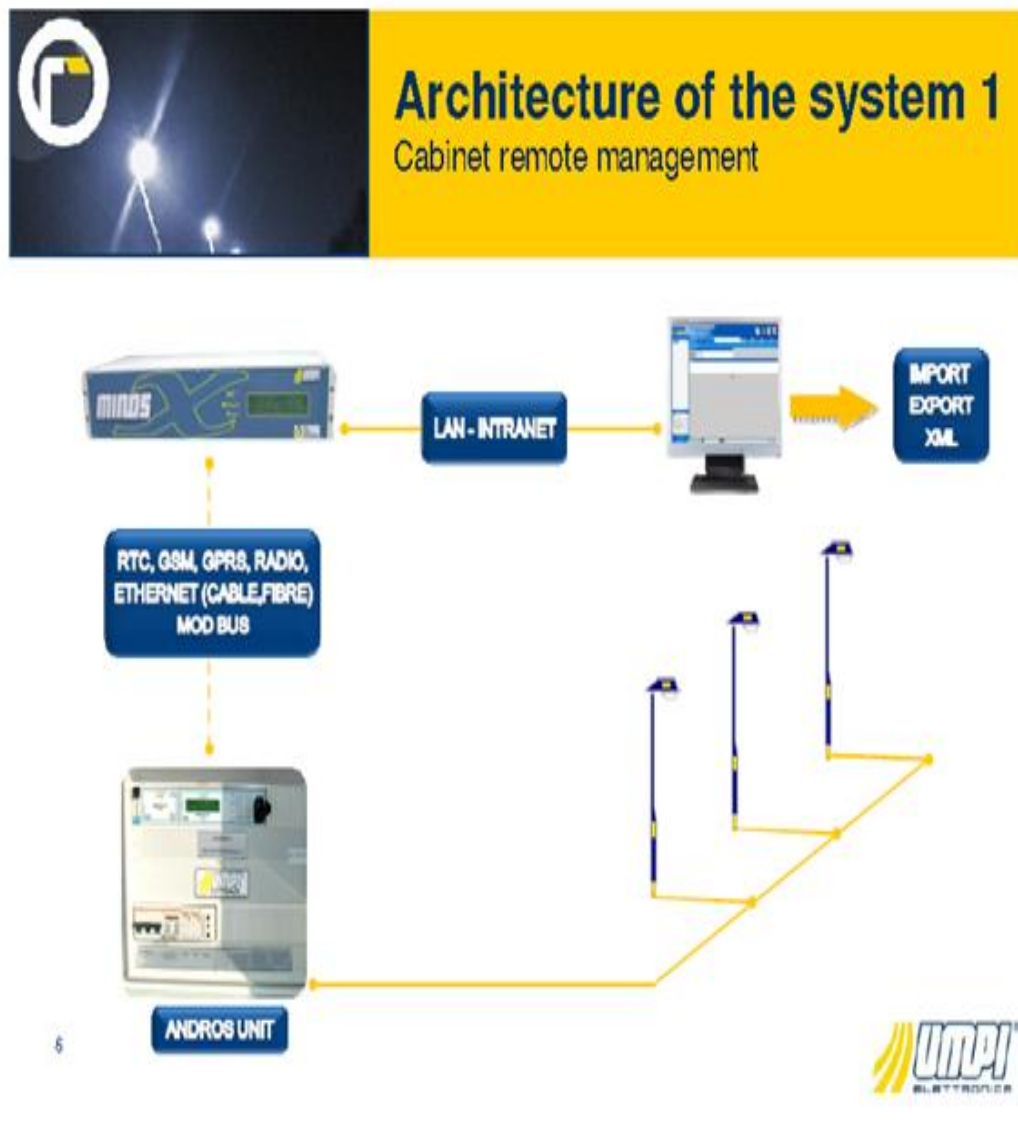


Fuente: www.philips.com

2.6.3. Sistema de telegestión de Minos

El sistema de la empresa Minos está compuesto por diferentes equipos. El Syra es el equipo instalado en cada punto de luz a tele controlar, este identifica la lámpara de forma unívoca y analiza su funcionamiento y el de los equipos que tienen asociados. La Figura 7 presenta un esquema del sistema de esta compañía.

Figura 7. Sistema Minos

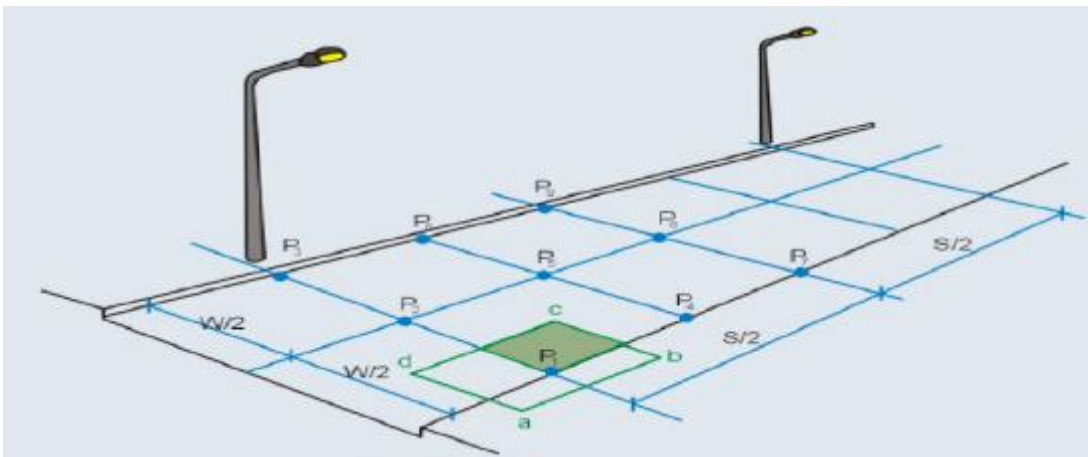


Fuente: www.minos.com

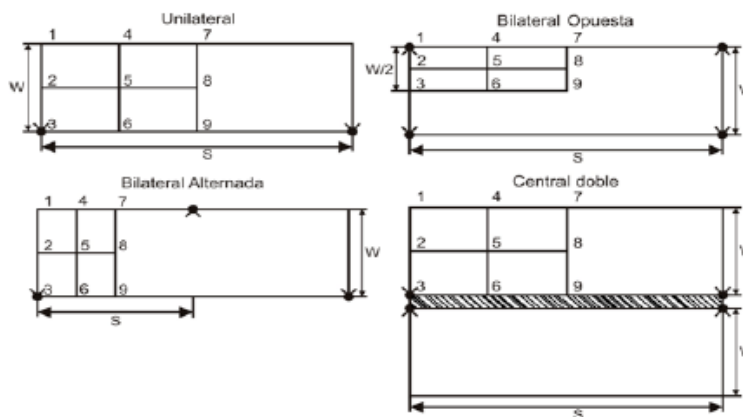
2.7. Método de los 9 puntos

Para el cálculo de la iluminancia promedio del sistema de alumbrado público se utilizara el método europeo de los 9 puntos para los tipos de configuraciones mostrados en la Figura 8, además del método propuesto en el artículo 530.2 del RETILAP [10], para clasificar cada una de las zonas de acuerdo con su nivel de iluminación.

Figura 8 Cálculo de la iluminancia promedio, configuraciones método europeo de los 9 puntos



a) Configuración de los 9 puntos



b) Configuración según el diseño de iluminación

Fuente: RETILAP Figura 30.2.1 a y b [10]

De acuerdo con este método, se procede a evaluar la iluminación promedio, (E_{prom}), para lo cual se adquieren los datos de iluminancia de 9 puntos específicos. La configuración y la ubicación del punto pueden variar. La iluminancia promedio se obtiene evaluando la Ecuación (6), donde cada punto en la ecuación equivale a uno de los 9 puntos adquiridos [2].

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5] \quad (6)$$

En el Capítulo 4, las tablas 6 y 7 presentan las iluminancias promedio que se obtuvieron al realizar las mediciones de las condiciones actuales del sistema de alumbrado público del campus central de la UIS.

Otro indicador que se evalúa es el coeficiente de uniformidad, el cual se obtiene mediante la relación entre E_{min}/E_{prom} [2].

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{prom}} \quad (7)$$

Donde:

U_0 = Coeficiente de uniformidad.

E_{Min} = Luminancia mínima. Corresponde al punto de menor iluminación entre todos los puntos calculados

E_{Prom} = Luminancia Promedio.

2.8. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO_2

Otro aspecto directamente vinculado a un proyecto de telegestión con iluminación LED, es la reducción significativa de la huella de carbono o emisiones de CO_2 equivalente, que incluye los seis gases efecto invernadero recogidos por el protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrógeno (N_2O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

El concepto de huella de carbono de una organización se utiliza en varios contextos. El concepto de organización engloba organizaciones privadas, entidades de la administración pública y

organizaciones sin ánimo de lucro, entre otras. En general, la huella de carbono de una organización es un término que quiere describir el impacto total que una organización tiene sobre el clima a raíz de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. Con el objetivo de cuantificar dicha huella, debe aplicarse un determinado protocolo de estimación y contabilidad de emisiones de GEI.

Una de las metodologías para la cuantificación de emisiones de GEI es la norma ISO 14064, parte 1. Esta norma fue desarrollada de acuerdo con el protocolo: “Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). El GHG Protocol, del World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development”, y es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI. Ambos documentos constituyen las referencias más importantes en esta materia [19].

2.8.1. Categorías de emisiones de GEI en organizaciones

Las emisiones de GEI asociadas a una actividad se pueden clasificar según se trate de emisiones directas o emisiones indirectas. Las emisiones directas son emisiones de fuentes que tiene o controla el sujeto que genera la actividad y las emisiones indirectas son emisiones que son consecuencia de las actividades que realiza el sujeto, pero que tienen lugar en fuentes que tiene o controla otro sujeto.

En concreto, se pueden definir tres alcances según las emisiones:

- Alcance 1: Emisiones directas, que incluyen las emisiones directas que proceden de fuentes que tiene o controla el sujeto que genera la actividad. Por ejemplo, este grupo incluye las emisiones de la combustión de calderas y de vehículos, etc. que el propio sujeto tiene o controla.
- Alcance 2: Emisiones indirectas de la generación de electricidad y de calor, que comprende las emisiones derivadas del consumo de electricidad y de calor, vapor o frío. Las emisiones de la electricidad y el calor, vapor o frío adquiridos se producen físicamente en la instalación donde la electricidad o el calor son generados. Estas instalaciones productoras son diferentes de la organización de la cual se estiman las emisiones.
- Alcance 3: Otras emisiones indirectas, que incluye el resto de emisiones indirectas. Las emisiones de alcance 3 son consecuencia de las actividades del sujeto, pero provienen de fuentes que no son controladas por el sujeto. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos, los viajes de trabajo, el transporte

de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

2.8.2. Consumo de energía eléctrica

Para calcular las emisiones asociadas con el consumo de energía eléctrica, debe aplicarse un factor de emisiones de CO_2 atribuible al suministro eléctrico (también conocido como mix eléctrico) en gramos de CO_2/kWh que representa a las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica conectada a la red nacional necesaria para suplir el consumo requerido. El mix eléctrico del año 2010 es de 181 g CO_2/kWh [20].

2.8.3. Emisiones de CO_2 sin proyecto de iluminación LED ni tele gestión

Usando el mix eléctrico y conociendo el valor de la energía consumida al año por las luminarias actuales con la Ecuación (8), si no se implementa el proyecto de repotenciación de luminarias LED; en el Capítulo 8 se evaluará el impacto de la huella de carbono que tiene el actual sistema de iluminación y su reducción si se realiza el cambio al sistema propuesto en este trabajo de grado.

$$C = \frac{P * \#horas * \#luminarias * dias}{1000} \quad (8)$$

Donde:

C = costo de consumo de energía anual en kWh-año

P = potencia de la luminaria (w)

3. SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR ACTUAL

Para el propósito de este trabajo de grado es necesario conocer en qué condiciones físicas y técnicas se encuentra operando el sistema actual, y de esta forma realizar un diagnóstico y determinar las oportunidades de mejoramiento del sistema, además se tiene como finalidad proponer un rediseño de una porción de la red, apoyándonos de las nuevas tecnologías en iluminación LED.

3.1.1. Estado actual del sistema de iluminación de exteriores de la UIS.

Conforme aparecen nuevas tecnologías de iluminación, es necesario establecer que se propone para repotenciar del sistema actual. Actualmente, no es posible monitorizar en tiempo real el

comportamiento del sistema eléctrico de alumbrado público, al no estar desagregado, y por ende no reportar oportunamente las averías que se presenten en la instalación, luego no se puede intervenir con rapidez antes de que el usuario se vea afectado y sufra molestias.

Con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación se tendría centralizada la base de datos referente a quejas y reclamos. Con los sistemas de teledatada y telegestión se podrá realizar un seguimiento de las horas de uso de las luminarias con lo cual se podría conocer la necesidad de realizar el mantenimiento de los elementos que componen la luminaria antes de que se presenten fallos por agotamiento de los componentes de ésta [3].

En la revisión de algunas áreas del alumbrado exterior de la UIS se encontró que no cumple con los niveles de iluminación requeridos (ver Tabla 6).

A continuación se presentaran en detalle el estado actual de cada elemento del sistema de alumbrado público de la UIS.

3.1.2. Luminarias utilizadas en el Campus Central de la UIS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el trabajo de grado “*Evaluación y rediseño del sistema eléctrico de iluminación del alumbrado público externo del campus central*” [17], y el trabajo de campo realizado (inspección visual de los elementos) por los autores con el fin de determinar el estado actual de la red de iluminación, se corroboró que la infraestructura física no ha cambiado desde el año 2014 fecha del trabajo de grado, luego no han ocurrido cambios significativos y los datos suministrados son de gran apoyo en la caracterización de los elementos.

La iluminación exterior de las zonas a estudio de la UIS, está basada en lámparas de sodio de 150W, en las zonas seleccionadas para el estudio (ver Figura 13) se detectan 72 puntos luminosos, este tipo de luminarias sin una administración eficiente de sus desechos, tienen un impacto negativo al medio ambiente, lo que ocasiona que la huella de CO₂ aumente y genere contaminación. Al hacer una inspección del estado de la iluminación exterior, se puede ver e identificar el deterioro de algunas luminarias que requieren de mantenimiento (lámpara y luminaria). Los anteriores hallazgos afectan el óptimo nivel de iluminación que debe garantizarse para la seguridad en el tránsito de personas en horas de la noche.

En las zonas mencionadas en la Tabla 6, no se cumple con los valores mínimos de iluminación para una vía de categoría P3 (ver Tabla 9) [10]. En la Figura 9, se aprecia que se encuentra una lámpara dañada que genera sombra en el sendero mostrado. Posteriormente se presenta el análisis de niveles de iluminación realizado a los corredores analizados en este trabajo de grado.

Figura 9 Estado iluminación existente



Fuente: Evaluación y rediseño del sistema eléctrico de iluminación del alumbrado público externo del campus central.

3.1.3. Cajas de inspección del sistema eléctrico

Observando las cámaras de inspección del sistema eléctrico de cada una de las lámparas de la zona revisada, se observa el mal estado de las mismas, como se muestra en la Figura 10. Por medio de una inspección y un registro fotográfico se realiza una identificación de la infraestructura de la red y se revisa la información de hace un año con la obtenida en la actualidad y se evidencia que es la misma, y de como el tiempo repercute de manera negativa en las condiciones físicas, con cajas totalmente selladas y que presentan deficiencias como: suciedad (tierra, plantas o envolturas de alimentos) por falta de mantenimiento, algunas carecen de tapas que protejan las cajas de inspección y eviten accidentes, además los empalmes de algunos conductores están descubiertos, generando riesgos para las personas y seres vivos.

Figura 10 Estado de Cámaras de inspección de la red eléctrica de alumbrado público.



3.1.4. Cableado existente en la red eléctrica de alumbrado de exteriores del campus central de la UIS.

El cableado existente en la red eléctrica de alumbrado exterior cumple con los requerimientos de calibre requerido para la carga y el tipo de luminaria, pero presenta deterioro por estar expuesto a la intemperie y la falta de protección en las cámaras de inspección, esto ocasiona que se reduzca la vida útil de los conductores y ocasiona que estén a la vista, generando riesgo eléctrico para las personas y los animales, como se muestra en la Figura 11.

Según el reglamento técnico del alumbrado público (RETILAP sección 700.2 literal 3) se debe monitorizar el estado de la infraestructura del alumbrado público mediante inspecciones visuales, lo cual debe cubrir la totalidad del área que comprende la UIS, en jornadas diurnas y nocturnas con una periodicidad de mínimo un mes y se debe reportar al operador las deficiencias observadas (luminaria con bombillas apagadas, agotadas, intermitentes) y problemas generales en la construcción como cajas de inspección destapas o dañadas, postes desplomados o en mal estado, redes eléctricas instaladas inadecuadamente, puestas a tierras deterioradas y actos de vandalismo en luminarias. La norma sugiere además, intervenir en los procesos de poda de árboles que interfieran tanto en la instalación como en la función lumínica de la bombilla [10].

Figura 11 Cableado de la red existente.



Fuente: Autores.

Se inspeccionaron las áreas establecidas dentro del alcance del proyecto, resaltando el estado actual de las cajas, luminarias y conductores, concluyendo que se necesita una repotenciación y actualización del sistema de iluminación para tener certeza que se puede implementar el proyecto piloto de telegestión.

3.1.5. Cálculos fotométricos de la red (método europeo de los 9 puntos)

Los estudios fotométricos se realizan siguiendo el método europeo. Los cálculos fotométricos son de gran importancia para determinar los niveles de iluminación que son requeridos y permitidos por el RETILAP. Una vez inspeccionada la red de alumbrado público se determinan los parámetros que garanticen que la red existente cumple y es eficiente en el préstamo del servicio.

Una vez realizada la revisión del sistema eléctrico de alumbrado público se adoptaron las mediciones de la luminancia de las lámparas actualmente instaladas obtenidas en el trabajo de grado: “Rediseño del alumbrado público de la Universidad Industrial de Santander” [17], y se realizaron nuevamente mediciones para contrastar la información existente, para lo cual se tomó como referencia el artículo 530.2 MÉTODOS DE CÁLCULO DE ILUMINANCIA PROMEDIO DE UNA VIA del RETILAP [10].

Las estimaciones del coeficiente de uniformidad se realizaron para cada una de las zonas, en las lámparas que se consideraron con mejor nivel de iluminación y en las cuales se presentaba menor intervención de objetos que pudieran afectar la adquisición de datos.

La metodología realizada por los autores del trabajo de grado de la referencia [16] fue realizar diferentes cálculos de luminancias para las zonas definidas en la Figura 14, de las cuales se seleccionaron **sub-zonas** para realizar un muestreo de luminarias y de esta manera calcular la luminancia mínima y promedio de cada una.

Se realizaron las mediciones de iluminación en las lámparas con mejor nivel de iluminación y bajo nivel de arborización actual, conforme a la misma metodología de los resultados obtenidos en el año 2014 [16], y realizando un nuevo estudio fotométrico se comprueba que la información actual obedece a la misma infraestructura del año 2014, luego los resultados son similares y se observa el no cumplimiento de los óptimos niveles de iluminación para vías de clase P1, P2 y P3 (ver Tabla 6)

Nota: Se desconoce el dato preciso de las lámparas y zonas medidas en los cálculos del trabajo de grado de la referencia [16], pero es válido tomar de manera aleatoria luminarias para realizar la medición y evaluar su cumplimiento normativo.

Tabla 6. Resultados obtenidos del cálculo de la luminancia del sistema actual.

DISTRIBUCIÓN	ZONA	Eprom	Emin	Uo
B. ALTERNADA	S2-1	11,0	5,2	48%
UNILATERAL	S2-2	8,2	5,4	66%
B.OPUESTA	S2-3	3,7	1,3	35%
B. ALTERNADA	S2-4	22,3	8,4	38%
B. ALTERNADA	S2-5	18,6	11,9	64%
B. ALTERNADA	S2-6	21,1	6,1	29%
B. ALTERNADA	S2-7	15,7	7,6	48%

En la Tabla 6 se observan los resultados obtenidos. Comparando con la normatividad vigente de alumbrado público (RETILAP, Tabla 9) no se cumplen con los valores establecidos. Por ejemplo en la zona S2-6 (Eprom=21,1 luxes) se encuentra por encima del valor promedio (Tabla 9) para una categoría de clase P1, luego no cumplirá tampoco para clase P2 y P3. El procedimiento utilizado para obtener los valores de la Tabla 6 está detallado en el anexo D (ver Tabla D.3.)

Las especificaciones del luxómetro utilizado en la recolección de datos se presentan en la Tabla 7 y este equipo se muestra en la Figura 12.

Tabla 7 Especificaciones técnicas luxómetro FX-200

Generales:	
Velocidad de muestreo:	2,5 veces por segundo en pantallas digitales
Pantalla:	Pantalla LCD de 3 ½ dígitos (1999 cuentas)
Sensor:	Fotodiodo de sílice y filtro
Ambiente:	Funcionamiento en interiores
Altitud:	Hasta 2.000 m.
Temperatura/Humedad:	
En funcionamiento:	-10 °C a 50 °C, 0 a 80 % HR
Iluminación:	
Rango de medición:	20, 200, 2.000, 20.000 y 200.000 luxes 20, 200, 2.000 y 20.000 pies-candela
Exactitud:	± 3 % (calibrado con lámpara incandescente estándar a 2854 °K) 6 % del resto de fuentes de luz visibles Características de desviación angular respecto al coseno 30 ° ± 2 % 60 ° ± 6 % 80 ° ± 25 %

Fuente: Catalogo AMPROBE LM 120

Figura 12 Luxómetro AMPROBE LM120



3.1.6. Vías para tráfico peatonal y de ciclistas.

La iluminación de las vías para tráfico peatonal y de ciclistas debe garantizar que los peatones y los ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones, marcas y señales. Adicionalmente debe ayudar a evitar accidentes al transitar por estas vías. En la Tabla 8 se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales [10].

Tabla 8. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente. Reglamento técnico colombiano (RETILAP) [10]

Como se estableció previamente, los niveles de iluminación estimados, no cumplen con el nivel exigido por el RETILAP [10], para alumbrado público, los cuales están definidos en la Tabla 9. Para el caso de la Universidad Industrial de Santander se requiere un diseño de iluminación mínimo de clase P3.

Tabla 9 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal

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

Fuente. Reglamento técnico colombiano (RETILAP) [10]

A partir de los resultados obtenidos en el estudio fotométrico se definen las características técnicas que deben cumplir los proveedores de sistemas de iluminación y telegestión.

3.2. Invitación de la UIS para presentar una propuesta de diseño fotométrico

La UIS, invita a los fabricantes y/o comercializadores de equipos de iluminación a presentar propuesta de diseño fotométrico para el proyecto: “Modernización del alumbrado público de las vías principales de acceso del campus universitario”.

La invitación se realiza en cumplimiento del marco regulatorio establecido en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

3.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el cambio a tecnología LED del alumbrado público existente en las vías principales y resaltadas en la Figura 13 de la universidad industrial de Santander (cambio punto a punto).

Figura 13 Ubicación y zonificación del proyecto



Fuente: Google maps, modificado por autores

3.2.2. Plazo para presentar la propuesta de diseño fotométrico

El fabricante invitado deberá cumplir con todos los requisitos descritos en la presente invitación y tendrá un plazo de 15 días hábiles contados a partir del recibo de la misma para presentar la propuesta de diseño fotométrico.

La propuesta de diseño fotométrico se recibirá en medio magnético en los correos electrónicos:

Planeación UIS

Teléfono: 6346576 ext. 2114

Correo electrónico: dirplan@uis.edu.co

3.2.3. Categorización del proyecto

La categorización dada a este proyecto según los parámetros definidos en el RETILAP están definidos en la Tabla 10, se solicita a los proveedores del estudio fotométrico lo siguiente: categoría mínima de clase P3 (utilización moderada por peatones y ciclistas), categoría P2 (utilización nocturna intensa de peatones y ciclistas), máxima P1 (calles en zonas privilegiadas como son las comerciales, de ocio entre otras), como se menciona anteriormente la universidad cumple con mínimo categoría P3 siendo P1 la de mayor categoría.

Tabla 10 categorización del proyecto

Via	Clase de iluminación
S2-1	P1,P2 ó P3
S2-2	P1,P2 ó P3
S2-3	P1,P2 ó P3
S2-4	P1,P2 ó P3
S2-5	P1,P2 ó P3
S2-6	P1,P2 ó P3
S2-7	P1,P2 ó P3

3.2.4. Proceso de selección y evaluación del diseño fotométrico

Conforme a lo establecido en el RETILAP, la Universidad Industrial de Santander invitará a por lo menos tres fabricantes o comercializadores a presentar oferta de diseño fotométrico.

La Universidad industrial de Santander definió el procedimiento de selección así:

1. Se realizará la evaluación técnica de la propuesta conforme los parámetros que describe el RETILAP y lo especificado en esta invitación (*ver anexo A*).
2. Las propuestas que cumplan con la evaluación técnica calificarán para hacer la evaluación financiera del proyecto donde se comparan las alternativas, seleccionando aquella que presente el menor costo total en toda la vida útil del proyecto.

3. Para llevar a cabo la selección del mejor diseño se tomará un plazo máximo de dos meses calendario.

3.2.5. Evaluación técnica del diseño fotométrico

Esta evaluación incluye la revisión de toda la documentación exigida, el cumplimiento de los parámetros de iluminación requeridos y las características mínimas exigidas en los equipos de iluminación.

3.2.6. Parámetros fotométricos de diseño

La propuesta de diseño fotométrico deberá incluir el cálculo de los parámetros de iluminación requeridos de acuerdo con los valores especificados en la Tabla 11.

Tabla 11 Parámetros fotométricos requeridos

Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20,0	7,5
P2	10,0	3,0
P3	7,5	1,5

Fuente. Reglamento técnico colombiano (RETILAP) [10]

3.2.7. Parámetros específicos de diseño

La propuesta de diseño fotométrico deberá tener en cuenta los requisitos mostrados en la Tabla 12.

Tabla 12 Parámetros específicos de diseño

Descripción	Requerido
Fuente	LED
Potencia	Según diseño
Tipo de luminaria	Alumbrado público. Ver Anexo A Tabla A.2: "Características mínimas garantizadas para las luminarias".

Descripción	Requerido
Sistema de Telegestión	Las luminarias propuestas por el diseñador deben ser compatibles para ser utilizadas con el sistema de telegestión que seleccione la UIS, puede ser a través de ZIGBEE - PLC – RF, sin que se pierda la GARANTIA de la luminaria; para lo cual el proponente mediante certificación firmada por el representante del fabricante y/o comercializador de las luminarias garantiza la compatibilidad del sistema de telegestión.
Ubicación de Apoyos	Se utilizaran los apoyos existentes los cuales se muestran en los planos adjuntos. No se debe incluir apoyos adicionales. <i>(Ver Anexo B)</i>
Distancias de montaje	Indicadas en los planos anexos. <i>(Ver plano, Anexo B)</i>
Tipo de Superficie de la Vía	R3 <i>(asfalto usado)</i>
Normas de diseño	IEC 140-2000
Factor de mantenimiento	0,9 <i>(NÚMERO DE MANTENIMIENTOS /365 DIAS)(100)</i> Es decir 1 manteniendo trimestral a la luminaria
Tensión de alimentación	220 V 60 Hz

Los cálculos fotométricos y las mallas de cálculo deben cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 13.

Tabla 13 Mallas de cálculo fotométrico

Ítem	Cálculo fotométrico	Numero de perfiles	Tipo de cálculo
1	Vía peatonal tipo P1	Según diseño. Se incluye descripción de diferentes perfiles de la vía.	IEC 140-2000

Fuente. Autores

3.2.8. Evaluación financiera del diseño fotométrico

Para la evaluación financiera del proyecto se utilizará el método del “Costo Anual Equivalente”. Solo se evaluará financieramente el sistema de alumbrado público.

Para calcular el valor presente total y el costo anual equivalente del proyecto, se tendrá en cuenta:

- ✓ Un interés anual del 6%
- ✓ Un horizonte de evaluación de costo inicial de 30 años

3.2.9. Propuesta de diseño fotométrico

De acuerdo a lo exigido por el RETILAP, la propuesta de diseño fotométrico deberá incluir la documentación descrita en el Anexo A: “Lista de Chequeo”. Si la documentación no está completa, la propuesta será rechazada.

Atentamente,

Gabriel Ordóñez Plata
 Director del Trabajo
 Manuel José Ortiz
 Codirector del trabajo
 Escuela de Ingenierías Eléctrica,
 Electrónica y de Telecomunicaciones

Edwin Fernando Ayala Cadena
 Jerson Orozco Quintero
 Estudiantes de Ingeniería Eléctrica
 Escuela de Ingenierías Eléctrica,
 Electrónica y de Telecomunicaciones

Anexos:

- Anexo A Características técnicas mínimas garantizadas para las luminarias y lista de chequeo.

- Anexo B Planos de planta con distancias de montaje.
- Anexo C Rutas en fotos sectorizadas.

Nota: Las evidencias fotográficas referentes a las vías S2-6 y S2-7 no fueron posible de tomar por paso interrumpido.

4. ESTUDIO TÉCNICO DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN

En este capítulo se presentan los aspectos considerados para la realización de un proyecto piloto de telegestión del alumbrado público de la UIS.

4.1. Localización

Para el proyecto piloto se tomaron las vías de primer acceso a la universidad industrial de Santander por la Carrera 27, los corredores de mayor volumen de paso peatonal que se han dividido los tramos que se muestran en la Figura 14.

Figura 14. Ubicación geográfica



Fuente: División planta física, modificado por los autores.

Descripción de las zonas S2-1, S2-2, S2-3, S2-4, S2-5, S2-6 y S2-7

- S2-1 (plazoleta biblioteca)
- S2-2 (corredor peatonal, frente mecánica)
- S2-3 (pasillo alrededor del lago)
- S2-4 (bancas sociales)
- S2-5 (plazoleta frente al auditorio Luis A. Calvo)
- S2-6 (corredor frente al edificio CENTIC)

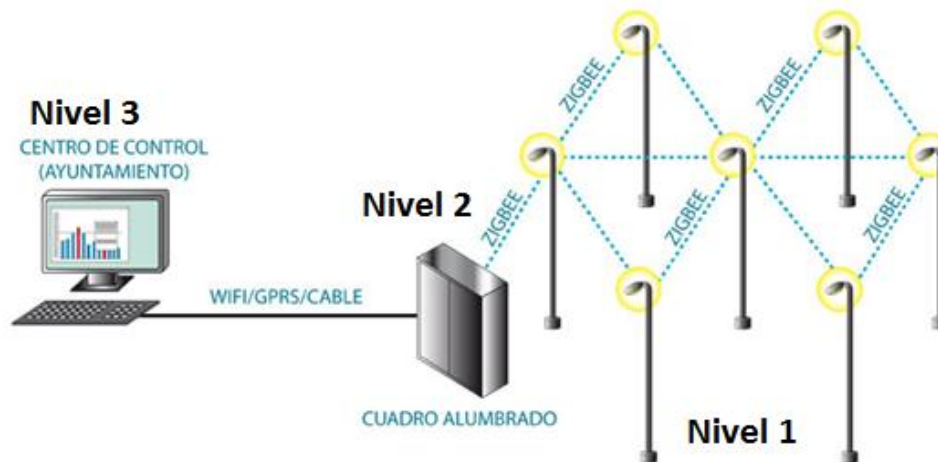
- S2-7 (plazoleta edificio livianos, corredor edificio laboratorios pesados)

Los tramos se seleccionaron teniendo en cuenta que son las zonas de gran concurrencia peatonal y de ciclistas. Estas zonas fueron seleccionadas para realizar el proyecto piloto de telegestión de tal manera que permitiera identificar si es viable o no tanto financiera como técnicamente. Partiendo de los resultados de este piloto, finalmente se podría aplicar el proyecto a toda la universidad.

4.2. Detalle del proceso

Para el estudio previo del sistema de telegestión, se debe conocer el funcionamiento de cada uno de los niveles que lo componen, aunque la configuración puede variar dependiendo del fabricante, el principio de funcionamiento está ligado y su objetivo final es el mismo. Se efectúa un breve repaso especificando los módulos que componen un sistema de telegestión (ver Figura 15).

Figura 15. Niveles de telegestión



Fuente: Heritas soluciones tecnológicas [21].

Nivel I. El primer nivel de sensores, involucra directamente las luminarias. Los sensores en las luminarias recolectan y realizan un reporte de la información individual de cada punto de iluminación, detectando el funcionamiento en tiempo real de la luminaria y permitiendo el control en ese punto, censando fallas o anomalías en el sistema. Los dispositivos de control están directamente conectados por sistemas de información y comunicación para transmitir los datos al siguiente nivel.

El módulo encargado del control requiere de un detector de punto de luz en cada luminaria, que no es más que un dispositivo que identifica el punto luminoso con el fin de suministrar la información del funcionamiento de los dispositivos asociados tales como la bombilla, arrancador, condensador, y fusible. Además que almacena información de la fecha de implementación de la instalación.

Además se necesita un modem que es el encargado de realizar la interface para la transmisión de los datos por el sistema de comunicación.

Se necesita una unidad de control en el tablero de distribución. Esta unidad está dotada de una memoria y un procesador el cual se podrá configurar de forma local o remota de acuerdo con el modo de operación que se establezca. La Figura No 16 muestra los componentes de una luminaria LED [16].

Figura 16 Componentes de una luminaria LED



Fuente: Alumbrado Público de Bucaramanga

Nivel II. El segundo nivel hace referencia a los centros de distribución de la información, es allí donde se recolectan todos los datos de cada uno de los circuitos existentes, este nivel es el indicado para realizar maniobras de detección de fallas, anomalías en el sistema, medición centralizada y análisis de los parámetros eléctricos. De este nivel se transmite la información de cada uno de los puntos luminosos del primer nivel y de la información generada por cada centro de distribución al tercer nivel [16].

Esta unidad de control ubicada en el tablero permite:

- Controlar las protecciones eléctricas.
- Tomar registro de los parámetros eléctricos.
- Gestionar el sistema de ahorro de energía.

- Configurar el uso del reloj astronómico [5].
- Tomar registro de todas las maniobras realizadas.

Similar al primer nivel se necesita la unidad de control que alimenta los circuitos conectados en baja tensión ubicados en el tablero de distribución, la cual se encuentra en el centro de operación y control remoto. El modem que tiene la interface para transmitir los datos al centro de control se encuentra ubicado en el nivel dos (ver Figura 17)

Figura 17. Tablero de control



Fuente: Alumbrado público de Bucaramanga

Nivel III. Corresponde al centro de control o sala de operación de sistema de Alumbrado Público, en este lugar se recibe la información de los centros de distribución, y se gestiona la operación de los componentes del sistema, en él se realizan los análisis y se determinan los correctivos que sean necesarios, permite la supervisión y control de la información del sistema, mediante una unidad de mando central, recibe la información de los otros dos niveles a través del sistema de comunicación y se gestiona la totalidad de la información. Una vez se analiza la información, se determinan las respuestas operativas a todos los eventos y centraliza toda la información y control de las diferentes bases de datos que interactúan en el funcionamiento de un sistema de alumbrado. En este nivel se realiza el procesamiento de todas las señales y se generan: despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes, además de realizar los análisis y elaborar el cálculos de indicadores (ver Figura 18).

Figura 18. Software Sidar



Fuente: Alumbrado público de Bucaramanga

4.3. EVALUACIÓN TÉCNICA

Para la realización de esta evaluación se observaron los modelos de cada proveedor de telegestión, profundizando en los parámetros establecidos para la gestión de alumbrado público de la UIS, cada uno de los parámetros se calificaron de uno (1) a cuatro (4) siendo cuatro (4) el más significativo. Los criterios que se tuvieron en cuenta corresponden a las especificaciones técnicas de los sistemas de telegestión (ver Anexo J, características técnicas evaluadas y Anexo K, manuales de los proveedores de sistemas de telegestión).

Criterios de la evaluación a proveedores

Uno (1): No se tiene acceso a esta información en las fuentes secundarias consultadas en la web.

Dos (2): La información por parte del proveedor no es la exigida por las normas vigentes (RETIE y RETILAP) luego no se ajusta a las necesidades del sistema de telegestión a adquirir

Tres (3): La información es suministrada por el proveedor cumple con los requerimientos técnicos.

Cuatro (4): La información por parte del proveedor cumple con los requerimientos técnicos y se ajusta a las necesidades del sistema de telegestión a adquirir por la UIS.

Uno de los ítems evaluados es el servicio técnico eficiente o como también se le conoce el servicio postventa. A continuación se describe el procedimiento.

Item.16: Servicio técnico eficiente (garantía o postventa)

Para adquirir el sistema de telegestión se analizan diferentes variables, ya sean técnicas u operativas sin descuidar el factor comercial, con el fin de determinar cuál es el proveedor más acorde a las necesidades de la UIS. El servicio técnico o postventa es un factor clave que se debe analizar para tomar la mejor decisión en el momento de adquirir el producto.

Sistema MINOS: Pertenece a UMPI, una empresa italiana líder en la realización de productos y sistemas inteligentes basados en la tecnología de comunicación mediante onda portadora para aplicaciones *outdoor* e *indoor*. Desde la telegestión de la iluminación exterior, a la automatización de los edificios, hasta el desarrollo de servicios innovadores a través de la transformación de la red eléctrica en red inteligente. [26]

MINOS se ha implementado de manera exitosa en muchos países de Europa tales como: Alemania, Bélgica, Eslovenia, España, Francia entre otros, y está incursionando en Latinoamérica en Brasil y Argentina, no se tienen registros de proyectos ya ejecutados en Colombia, por lo cual su soporte técnico se realiza vía internet para países donde no se cuenta con sede principal y sus garantías de posventas son limitadas para Colombia, esto se convierte en una desventaja al momento de adquirir el sistema de Telegestión MINOS de UMPI por no tener de manera oportuna el servicio técnico por el proveedor, por lo cual se tiene por criterio una calificación de **dos (2)**.

Sistema SCHREDER: Utiliza un software de fácil utilización que monitoriza, controla y administra la instalación de iluminación llamado OWLET. El núcleo del sistema es el protocolo de comunicación abierto ZigBee, una tecnología de red de malla inalámbrica, ampliamente utilizado en varias industrias donde se necesita una tecnología de red con un estándar industrial seguro y fiable.

Schreder por su parte es la primer empresa dedicada al control por telegestión en llegar a Suramérica y con más de 57 años de presencia local [28], ya cuenta con sede en Colombia y está ubicada en la ciudad de Bogotá; además cuenta con asesores comerciales en las principales ciudades del país: Bogotá, Cartagena, Bucaramanga, Medellín, Neiva, Palmira, Tolima, Yopal y el eje cafetero.

También se tiene conocimiento de proyectos ya ejecutados en Bucaramanga como lo son:

- Iluminación del parque Las Palmas. Fue el primer parque en Colombia realizado totalmente con tecnología LED. Schreder realizó toda la iluminación del parque.
- Parque Bolívar

- Plan de renovación del alumbrado de Bucaramanga.

Por lo mencionado anteriormente Schreder cuenta con soporte técnico vía internet y profesionales especialistas en el área de mantenimiento y soporte del sistema de telegestión que ofrecen, Por lo cual se tiene por criterio una calificación de **cuatro (4)**

Sistema Philips: Con más de 120 años en el mercado de la iluminación con énfasis en el alumbrado urbano, se utiliza en más de 250 ciudades de 31 países, Philips trabaja con ciudades pequeñas y grandes metrópolis de todo el mundo, es el proveedor de más experiencia en el sector y sus proyectos han sido en su mayoría en Europa y Norteamérica, En Suramérica ha empezado a incursionar en Argentina donde que ha adquirido su sistema CityTouch [28]. El software se apoya en la web, cuenta con actualizaciones del sistema y confiabilidad de los datos con copias de seguridad, el servicio técnico para Colombia es mínimo a pesar de su gran experiencia en el mercado. Por lo cual se tiene por criterio una calificación de **tres (3)**.

En la Tabla 14 se establecen las especificaciones mínimas a cumplir por los fabricantes y comercializadores de las luminarias requeridas.

Con base al estudio técnico se definió el funcionamiento del sistema de telegestión (detalles del proceso y características técnicas) y se identificaron tres proveedores del mercado; se evaluó lo ofrecido por cada uno de ellos, para finalmente seleccionar con los criterios establecidos el más ajustado a las necesidades de la Universidad Industrial de Santander.

Una vez realizada la evaluación de los tres proveedores, se selecciona el fabricante Schreder. Con ellos se definirán los controladores a utilizar en los diferentes niveles que componen su estructura y se establecerán las especificaciones técnicas exigidas para adquirir el diseño de iluminación LED.

4.4. Simulación de las características técnicas de las luminarias del proveedor seleccionado

Considerando la evaluación técnica de los proveedores (ver Tabla 14), se seleccionan las lámparas del fabricante Schreder de referencia TECEO, el estudio se realizó considerando zonas de las luminarias de manera aleatoria y el análisis fotométrico se realizó por el método de los 9 puntos, haciendo uso de la herramienta DIALUX, con ello se verificó que las lámparas seleccionadas cumplen con los niveles mínimos de iluminación para una vía de categoría P3 y P2.

Se plantea retirar las luminarias existentes en las zonas analizadas en este trabajo de grado (72) y reemplazarlas por la luminaria de referencia TECEO 1, fabricadas por SHREDER. Las características

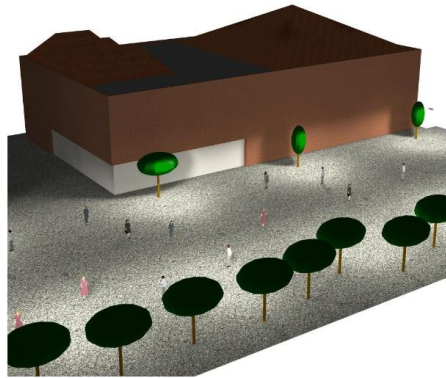
de las luminarias y su estudio fotométrico se presentaran en el Anexo E, los controladores y el sistema de telegestión serán suministrados por SHREDER. Las características técnicas cumplen con las normas internacionales para la fabricación de luminarias de alumbrado público conforme a la norma IEC 60598.

Tabla 14. Evaluación técnica

LUMINARIA LED			
ITEM	DESCRIPCIÓN	SOLICITADO	
1	NORMA DE FABRICACIÓN	IEC 60598 1-2-3 IEC 60539 RETILAP	
2	FABRICANTE DE LUMINARIA	INDICAR	
3	FABRICANTE DE LED		
4	REFERENCIA	INDICAR	
5	POTENCIA REAL DE LA LUMINARIA [W]	INDICAR	
6	FRECUENCIA DE SERVICIO [Hz]	60	
7	VOLTAJE DE OPERACIÓN	220 +/- 5%	
8	TIPO DE CARCAZA	ENTERIZA	
9	MATERIAL DEL CUERPO DE LA LUMINARIA	ALUMINIO INYECTADO	
10	ACABADO DEL CUERPO DE LA LUMINARIA	PINTURA ELECTROSTATICA, CON PROTECCION UV PARA USO INTERPERIE	
11	GRADO DE PROTECCIÓN	CONJUNTO ELÉCTRICO	IP 65
		CONJUNTO OPTICO	IP 66
		CUERPO (CARCAZA)	IK MAYOR O IGUAL 0.8
		REFRACTOR	IK MAYOR O IGUAL 0.7
12	DRIVER	PROTECCIÓN ELÉCTRICA SOBREVOLTEJE	SI
		PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE COCI	SI
		PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE SOBRECARGA	SI
		PROTECCION DE SOBRETENPERATURA	SI
		DIMERIZABLE	SI
		THD MAXIMO	20%
		COMPATIBLE A CUALQUIER SISTEMA DE TELEGESTIÓN	SI
SISTEMA DE COMUNICACIÓN	ZIGBEE		
13	LED	TEMPERATURA DE COLOR	ENTRE 4000 Y 4500K
		COORDENADAS CROMATICAS SEGÚN CEI 1931	
		EFICIENCIA DEL LED	MAYOR DE 80 Lm/W
		EFICIENCIA DEL MODULO DENTRO DE LA LUMINARIA	INDICAR
		VIDA UTIL DE LOS LED	MAYOR O IGUAL A 70.000 HORAS
		LED DE TERCERA GENERACIÓN	SI
14	FACTOR DE POTENCIA	MAYOR A 0.9	
15	CERTIFICACIÓN RETILAP	ENTIDAD ACREDITADORA	SI
		NUMERO DE ACREDITACIÓN	SI
		FECHA DE APROBACIÓN	SI
		VIGENCIA	SI
		ADJUNTAR CERTIFICADO	SI
16	GARANTIA DE TODA LA LUMINARIA (DRIVER, MODULO Y CARCAZA)	7 AÑOS	

La Figura 19 muestra el modelado en Dialux de la plazoleta Luis A. calvo con la ubicación en campo de los puntos de iluminación y se observa el nivel de luminancia acorde con la normatividad y especificaciones del proyecto.

Figura 19. Software Sidar S2-5 plazoleta Luis A. calvo



Fuente: Software DIALUX y Autores.

4.5. Funcionalidades y características de los controladores a utilizar

A continuación se describe el sistema de gestión de alumbrado público ofrecido por el fabricante Scheder, el cual cuenta con: un sistema de control por cada luminaria, un sistema de control por segmentos y un software.

El controlador de la luminaria es llamado LUCO. Con este controlador se diseña el sistema de gestión centralizado dedicado a monitorizar y gestionar cada una de las luminarias. En la Figura 20 se muestra uno de los componentes del control de una luminaria LED.

Figura 20 Control de luminaria LED



Fuente: www.schreder.com

El controlador de luminaria (LUCO), se instala en el interior de las luminarias. Este controlador está disponible en tres versiones LuCo-D con interface DALI, LuCo-M con un medidor de consumo energético Clase 1 integrado y LuCo-U sin medidor y para aplicaciones donde un equipo de medición estándar se monta en la caja de conexiones. Los parámetros de valor eficaz de corriente y tensión y el factor de potencia de cada luminaria son monitorizados y almacenados, y de la misma manera, un reloj astronómico integrado provee del encendido al anochecer y apagado al amanecer incluso cuando el equipo que controla al LuCo (Controlador de Segmento) tiene un fallo operacional [21]. La Figura 21 muestra el controlador LUCO ofrecido por el fabricante Schreder.

Figura 21 Controlador Luco



Fuente: www.schreder.com

Adicional al control de cada luminaria (LUCO), el sistema tiene un controlador de segmento llamado SeCo. Este dispositivo está diseñado para operar hasta 150 controladores de columna o de luminaria. El controlador SeCo adquiere los datos de todos los controladores de luminarias a través de una red mallada auto regenerada ZigBee y los transmite a través de internet a un Servidor Web, garantizando su seguridad con el sistema VPN. La conexión a internet se puede realizar por un

acceso ADSL, GPRS o 3G. Equipado con 2 entradas y 2 salidas analógicas y digitales y un interfaz Modbus, el SeCo puede adquirir datos de un equipo de medida de consumo energético en un amplio segmento, con fines de tarificación del consumo energético además de recibir comandos de sensores remotos y otros dispositivos.

Debido a la robustez de su microcontrolador, el controlador SeCo es completamente programable de acuerdo con las necesidades del usuario. Para simplificar los puntos de luz pueden organizarse en grupos (por ejemplo intersecciones, carreteras principales, pasos de peatones etc.) recibiendo y ejecutando comandos de una manera sincronizada sobre el grupo.

El controlador de segmento se instalará sobre una caja tipo “lonchera” (de acometidas antifraude) localizada sobre uno de los postes de alumbrado público [24]. La Figura 22 se observa el controlador de segmento ofrecido por el fabricante Schreder.

Figura 22 Controlador (SECO)



Fuente: www.schreder.com

Con relación al software, la aplicación ofrecida por el fabricante funciona en la web, lo cual simplifica el accionamiento y configuración del sistema. Con el software se configuran y comprueban los puntos de luz para su puesta en servicio.

El programa recopila y filtra la información antes de almacenarla en una base de datos central. Los responsables de la gestión del sistema de alumbrado, pueden acceder a la aplicación web para analizar los datos, lo que les servirá para tomar decisiones que permitan reducir el consumo de energía y los costos de mantenimiento así como mejorar el servicio de alumbrado a los ciudadanos.

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

El sistema está en la capacidad de monitorizar y controlar luminarias independientemente y por grupo realizando telemetría de consumo de energía en kWh, potencia consumida, valores eficaces de la corriente y la tensión de alimentación, factor de potencia, horas de funcionamiento, hora de encendido y apagado de cada luminaria y análisis de fallas; además, de un reloj astronómico para programación de *dimming* en diferentes horas de la noche con agendamiento calendario para hacer control manual y automático grupal o individual y así poder definir programación rutinaria o excepciones en fechas determinadas. También se disponen de entradas auxiliares en el sistema de control maestro para programar otras fotoceldas, llegado el caso en que se necesite o un sistema adicional de sensores.

El sistema tiene un sistema de comunicación inalámbrico por medio de protocolo de comunicación abierto ZIGBEE en la banda de los 900MHZ, con disponibilidad de mínimo 16 canales para ser cambiados de acuerdo a circunstancias presentadas en el espectro electromagnético. El sistema además tiene un control por luminaria con su antena de comunicación el cual está instalado dentro de la luminaria.

La malla inalámbrica del actual sistema adoptado por la UIS obedece a las tecnologías avanzadas de comunicaciones y se basa en el mismo estándar IEEE 802.15.4 que utiliza "Zigbee alianza", luego los sistemas son compatibles y actualizables. La compañía Schneider Electric es miembro de la "Zigbee alianza", y se busca preparar los sistemas para el futuro, donde se podrá administrar el sistema desde otra red inalámbrica sin sacrificar su compatibilidad con tan solo un pequeño controlador con flexibles opciones de montaje, ya sea dentro de la caja del controlador en un espacio o fuera de ella en su propio gabinete. Puesto que el sistema es inalámbrico, el conjunto de luminarias permitirá conectar los diferentes equipos controlados a circuitos deferentes de alimentación cuyo nivel de tensión es de 220V AC [24].

5. ESTUDIO ECONÓMICO

El proyecto piloto del alumbrado público de la UIS está soportado por un análisis económico, basado en el estudio técnico anterior y usando como referencia la información suministrada por el fabricante Schreder. Con base en este estudio se determina la viabilidad de implementar el cambio de la iluminación actual de sodio por tecnología LED acompañado del sistema de telegestión.

5.1. Consideraciones generales

El modelo cuenta con datos técnicos y económicos suministrados por la División de Planta Física de la UIS, la cual facilito la información más relevante. Se toma como referencia la información suministrada por el fabricante Schreder y las especificaciones técnicas de las luminarias seleccionadas.

El sistema de telegestión permite dimerizar la iluminación realizando una reducción en la energía consumida (kWh), lo que generara un beneficio económico el cual se relaciona en las tablas de hojas de costo.

5.2. Análisis actual sin el proyecto (sistema convencional)

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

La operación del sistema de alumbrado público de la universidad tiene asociado unos costos por reposición de luminarias de sodio, originados por el deterioro o mal funcionamiento de algunos de los elementos que contiene la lámpara. Los cuales se indican en la Tabla 15.

$$R_a = \frac{P \cdot \# \text{horas encendida al día} \cdot 365 \text{ días} \cdot \$ \text{luminaria}}{\text{vida útil}} \quad (9)$$

Donde:

R_a = Reposición anual

C_{man} = costo de mantenimiento anual en pesos Colombianos

P = potencia de la luminaria (w)

Tabla 15 Costos y gastos asociados a la reposición de luminarias de sodio

LUMINARIAS ACTUALES	VALOR [UND]	REPOSICIÓN ANUAL
LUMINARIA DE SODIO DE 125w	\$ 303.576.00	\$ 3.988.989.00
Total		\$ 3.988.989.00

5.3. Costos del consumo de energía anual.

Las luminarias tienen un consumo de energía eléctrica (kWh), el cual dependiendo del comercializador con el cual la universidad haya contratado la energía tiene un costo. Para el caso de la Universidad Industrial de Santander, el comercializador hasta el año 2015 era VATIA y el valor comercial de la energía eléctrica contratado fue de \$360 por kWh consumido. Con la Ecuación 10 se realiza una valoración del costo de la energía eléctrica debida a las luminarias del alumbrado público de la UIS.

$$C = \frac{P * \#horas * \#luminarias * 365 \text{ días} * \$kWh}{1000} \quad (10)$$

Donde:

C = costo de consumo de energía anual en \$kWh consumido en un año.

P = potencia de la luminaria (w)

La Tabla 16 muestra el consumo total anual de energía eléctrica de las 72 luminarias existentes. La cantidad de horas, días y luminarias se presentan en la Tabla 19 (resumen de costos y gastos sin el proyecto).

Tabla 16 Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria

LUMINARIAS ACTUALES	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL
LUMINARIA DE SODIO DE 125w	\$ 17.597.088.00
Total	\$ 17.597.088.00

5.4. Costos de mano de obra.

Para la operación del sistema de alumbrado público, la Universidad dispone de técnicos electricistas, quienes realizan las labores de mantenimiento. La Tabla 17 resume los costos asociados al personal dedicado a las labores de mantenimiento del alumbrado de la UIS.

Tabla 17 Costo del mantenimiento del AP de la UIS por día.

MANO DE OBRA HH	CANTIDAD	VALOR/DIA	TOTAL
ELECTRICISTAS	2	\$ 40.000,00	\$ 80.000,00
MAQUINARIA			
ANDAMIO/ESCALERA	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
COSTO MANIMIENTO DIARIO			\$ 90.000,00

Fuente: Los valores que se describen en esta tabla, fueron suministrados por la División de Planta Física de la UIS.

5.5. Valor de luminarias de sodio actuales sin el proyecto.

En el sistema actual de alumbrado del campus central de la UIS está compuesto por un total de 72 luminarias de sodio, los costos asociados a estas luminarias se describen en la Tabla 18. El valor total de las luminarias se obtiene de multiplicar la cantidad de luminarias por el precio de las luminarias (en este caso \$303.576).

Tabla 18 . Valor total de luminarias actuales sin proyecto

LUMINARIAS ACTUALES	VALOR TOTAL LUMINARIAS
LUMINARIA DE SODIO DE 125w	\$ 21.857.472.00
Total	\$ 21.857.472.00

Fuente: Los valores que se describen en esta tabla, fueron suministrados por División de Planta Física de la UIS.

5.6. Resumen costos y gastos sin el proyecto

En la Tabla 19 se totalizan en valores anuales los costos descritos en las tablas anteriores.

Tabla 19. Resumen de costos y gastos sin proyecto

HOJA DE COSTOS SISTEMA TELEGESTION "SIN PROYECTO"					
CANTIDAD DE LUMINARIAS ACTUALES					
LUMINARIAS ACTUALES	POTENCIA INCLUYE PERDIDAS(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)	VIDA UTIL(horas)	
LUMINARIA SODIO 125W	155	72	12	24000	
LUMINARIA SODIO 400W	441	0	0	24000	
LUMINARIA SODIO 150W RD2	170	0	0	24000	
COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES					
ENERGIA KW-H	\$ 360,00	DIAS AL AÑO ENCEDIDO		365	
COSTO MANTENIMIENTO DIARIO	\$ 90.000,00				
LUMINARIAS ACTUALES	VALOR	REPOSICIONA ANUAL	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL	VALOR TOTAL LUMINARIAS
LUMINARIA SODIO 125W	\$ 303.576	\$ 3.988.989	\$ 17.597.088	\$ 1.182.600	\$ 21.857.472
LUMINARIA SODIO 400W	\$ 1.301.822	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
LUMINARIAS SODIO 150W RD2	\$ 509.627	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 3.988.989	\$ 17.597.088	\$ 1.182.600	\$ 21.857.472
COSTO ANUAL	22.768.677				
INVERSION INICIAL	21.857.472				

La ecuación utilizada para el cálculo de costo de mantenimiento y operación anual es:

$$M = \frac{\#horas*\#luminarias*dias*\$Cman}{\#horasUtil} \quad (11)$$

Donde:

M =Costo de mantenimiento y operación anual, C_{man} = costo de mantenimiento anual en pesos Colombianos, P = potencia de la luminaria (w)

Siendo el costo anual la suma de la reposición anual, consumo de energía anual, mantenimiento y operación anual; Este valor se refiere al costo de operación anual del sistema actual.

5.7. Análisis con el proyecto (sistema de telegestión)

A continuación, en la tablas 20 y 21, se relacionan los costos asociados con el uso de tecnología LED y el sistema de tele gestión para el proyecto piloto de alumbrado público de la Universidad Industrial de Santander.

5.8. Valor de la inversión inicial sistema de telegestión

Tabla 20 Cantidad de luminarias LED

LUMINARIAS LED	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)
TECEO_1_700mA 24led	81	12
TECEO_1_700mA 16led	19	12

En la Tabla 20, se considera la cantidad de luminarias LED requeridas, según el estudio fotométrico realizado en la herramienta Dialux y el estudio fotométrico realizado por Celsa [16], para garantizar un buen sistema de iluminación y cumplir con las exigencias del RETILAP, se propone aumentar el número de luminarias en algunos apoyos usando dos brazos (ver Anexo B, plano donde se pueden observar la disposición de las luminarias).

Tabla 21 Valor de la inversión inicial de luminarias LED

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	VALOR
TECEO_1_700mA 24led incluye LUCO	\$ 1.364.785,00
TECEO_1_700mA 16led incluye LUCO	\$ 1.114.785,00
SECO + software	\$ 3.900.000

*Las cotizaciones que validan los precios de la Tabla 21, se encuentran en el anexo H Tabla H.2.

5.9. Costos y gastos de reposición de luminarias LED

El sistema de telegestión de las luminarias LED, está diseñado para dar alertas de posibles fallas antes de que ocurran, siendo esto una ventaja con respecto al sistema convencional. Los dispositivos electrónicos que hacen parte del sistema de telegestión monitorizan en tiempo real y detectan fallas antes de que estas se propaguen al resto del sistema, y así poder actuar oportunamente y realizar los mantenimientos preventivos si el punto luminoso lo requiere, este principio repercute en reducir los costos y gastos asociados a la reposición de las luminarias, los cuales son mostrados en la Tabla 22, y fueron obtenidos a partir de la ecuación No 9 (reposición anual).

Tabla 22 Costos y gastos asociados a la reposición de luminarias LED

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	REPOSCION ANUAL
TECEO_1_ 700mA 24led incluye LUCO	\$ 4.841.984
TECEO_1_ 700mA 16led incluye LUCO	\$ 927.724
SECO + software	
total	\$ 5.769.708

*El factor de vida útil se puede encontrar en los manuales recopilados en el Anexo E.

5.10. Costos del consumo de energía anual con el proyecto de telegestión.

Debido al cambio de tecnología en el proyecto, se evidencia un cambio significativo en el consumo de energía ya que la iluminación con sistemas LED trae consigo estos beneficios. En la Tabla 23 se presenta el consumo de energía eléctrica anual y su equivalencia en pesos colombianos de las luminarias LED. Si se compara los valores de la Tabla 23 con el de la Tabla 16 se evidencia que el costo anual de la energía eléctrica con la iluminación LED es la tercera del costo de la energía eléctrica anual de las lámparas de sodio.

Tabla 23 Costos del consumo anual de energía por tipo de luminaria LED

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL
TECEO_1_ 700mA 24led incluye LUCO	\$ 4.938.538
TECEO_1_ 700mA 16led incluye LUCO	\$ 763.960
SECO + software	
total	\$ 5.702.497

Las características técnicas de las luminarias LED se encuentran resumidas en la Tabla 26, a si mismo los valores de la energía en \$/kWh.

Los costos del personal requerido para operación y mantenimiento del sistema de telegestión se reducen, ya que este sistema tiene la ventaja de ser manejado desde una estación central con la aplicación de un software y los elementos que se necesitan para detectar una falla son mínimos, el costo del personal para la operación de este sistema se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Costo total del personal requerido en el proyecto

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

*Estos valores pueden variar dependiendo de la oferta seleccionada.

Fuente: Autores y División de Planta Física de la UIS

5.11. Dimerización para el control del nivel de iluminación de las lámparas LED con el proyecto de telegestión

Una vez el proyecto sea implementado, el poder controlar la iluminación de las lámparas LED, permite reducir el consumo de potencia, lo que se traduce en un ahorro en el consumo de energía eléctrica y menos emisiones de CO₂ al medio ambiente. La Tabla 25 se muestra la potencia total y dimerizada de cada luminaria y su vida útil tomada del Data-Sheet de las luminarias.

Según la zona geográfica donde se encuentra enfocado el proyecto de telegestión de alumbrado exteriores, se detecta que las lámparas prenden aproximadamente a las 6 pm, se considera esta hora pico, como la de mayor circulación peatonal nocturna y se extiende hasta las 10 pm, a partir de las 12 m, no se encuentran estudiantes en jornada académica, luego se reduce el flujo de personas, motivo por el cual, se disminuye la potencia eléctrica en las luminarias y así mismo su luminancia, conservando los niveles óptimos de iluminación reglamentados.

Tabla 25 Reducción de consumo de energía eléctrica por dimerización de las luminarias

LUMINARIAS LED	POTENCIA(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)	VIDA UTIL(horas)
TECEO_1_700mA 24led	55	81	5	100000
TECEO_1_700mA 24led (Dimerizada al 50%)	27	81	7	100000
TECEO_1_700mA 16led	36	19	5	100000
TECEO_1_700mA 16led (Dimerizada al 50%)	18	19	7	100000

5.12. Resumen costos y gastos con el proyecto

En la Tabla 26, se presenta el resumen de costos y gastos con el proyecto piloto de tele gestión, para obtener finalmente el costo anual y la inversión inicial. Se evidencia una inversión inicial significativa pero un costo anual menor comparado con el que tiene el sistema actual (ver Tabla 19).

Tabla 26 Resumen de costos y gastos con proyecto

HOJA DE COSTOS SISTEMA TELEGESTION "CON PROYECTO"					
CANTIDAD DE LUMINARIAS LED					
LUMINARIAS LED	POTENCIA(W)	CANTIDAD	HORAS DE ENCENDIDO(horas)	VIDA UTIL(horas)	
TECEO_1_ 700mA 24led	55	81	5	100000	
TECEO_1_ 700mA 24led (Dimerizada al 50%)	27	81	7	100000	
TECEO_1_ 700mA 16led	36	19	5	100000	
TECEO_1_ 700mA 16led (Dimerizada al 50%)	18	19	7	100000	
COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES					
ENERGIA KW-H	\$ 360,00	DIAS AL AÑO ENCENDIDO		365	
COSTO MANTENIMIENTO DIARIO	\$ 50.000,00				
LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	VALOR	REPOSCION ANUAL	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL	VALOR TOTAL LUMINARIAS
TECEO_1_ 700mA 24led incluye LUCO	\$ 1.364.785,00	\$ 4.841.984	\$ 4.938.538	\$ 177.390,00	\$ 110.547.585
TECEO_1_ 700mA 16led incluye LUCO	\$ 1.114.785,00	\$ 927.724	\$ 763.960	\$ 41.610,00	\$ 21.180.915
SECO + software	\$ 3.900.000				\$ 3.900.000
total		\$ 5.769.708	\$ 5.702.497	\$ 219.000,00	\$ 135.628.500
COSTO ANUAL					
	\$ 11.691.205,5				
INVERSION INICIAL					
	\$ 135.628.500				

5.13. Análisis con el sistema de telegestión y rediseño eléctrico

El diseño sugiere la instalación de luminarias con tecnología LED y un sistema de tele gestión; también se plantea una repotenciación de las redes eléctricas que se disponen para el alumbrado público, como lo son las acometidas, conductores, cajas de paso y canalización de los nuevos circuitos de las zonas a tratar, es evidente que necesitan cambios correctivos que garanticen el correcto desempeño del nuevo sistema de iluminación.

Del trabajo de grado de la referencia [16] se obtuvo lo siguiente: “Las acometidas generales se diseñaron para tres circuitos alimentadores trifásicos desde el tablero de Administración I y un circuito desde tablero del edificio Camilo Torres, en conductor 3#10 Fase AWG y #12 conductor de puesta a tierra AWG en cobre. Para las derivaciones de las luminarias el conductor es de calibre 2#12 Fase AWG y 1#12 conductor de puesta a tierra AWG en cobre con distancias no mayores a 30 m”.

En la Tabla 27 se presenta el resumen del presupuesto con precios actualizados al 2016, requerido para el alumbrado público del Campus Central de la UIS utilizando lámparas LED e integrando el sistema de telegestión.

Tabla 27 Propuesta para el rediseño eléctrico con iluminación LED y sistema de tele gestión

FORMATO No. 4- PROPUESTA ECONÓMICA					
PROPUESTA DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN LED					
REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGIA LED Y PROGRAMA PILOTO DE TELEGESTIÓN DE LAS ZONAS: plazoleta frente al Luis A. Calvo incluyendo las bancas sociales hasta la gallera, plazoleta biblioteca central, pasillo alrededor del lago, corredor peatonal frente a la escuela de mecánica, corredor frente a edificio CENTIC					
FORMULARIO DE LA COTIZACIÓN - CANTIDADES Y PRECIOS					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED					
I,00	Excavación	ML	942	\$ 33.878	\$31912793,40,00
I,01	Suministro, transporte e instalación de tubería PVC 3/4"	ML	942	\$ 41.606	\$ 39.192.960
I,02	Caja de inspección para alumbrado	UND	5	\$ 449.582	\$ 2.247.908
I,03	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 55W (incluye LUCO) difusor en vidrio templado	UND	81	\$ 1.451.575	\$ 117.577.575
I,04	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 36W (incluye LUCO) difusor en vidrio templado	UND	19	\$ 1.250.295	\$ 23.755.605
I,05	Instalación de puesta a tierra con varilla en cobre 5/8 x 2,4 mts	UND	4	\$ 166.750	\$ 667.000
I,06	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 3#10+1#12T	ML	165	\$ 10.275	\$ 1.695.375
I,07	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#12T	ML	685	\$ 7.875	\$ 5.394.375
I,08	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#14T	ML	96	\$ 7.575	\$ 727.200
I,09	Circuito tierra en cable de Cu THW AWG #14 para el sistema de iluminación	ML	392	\$ 3.645	\$ 1.428.840
I,10	Corte, demolición y construcción de andén de 10cm de espesor	ML	10	\$ 150.813	\$ 1.508.130
I,11	Corte, demolición y construcción de pavimento asfáltico de 0,20 m	ML	280	\$ 212.732	\$ 59.564.904
I,12	Suministro, Transporte e instalación de controlador de segmento SECO, incluye elementos de instalación	UND	1	\$ 4.688.800	\$ 4.688.800
I,13	Suministro, transporte e instalación de poste tronco conico liso de 6 mtr galvanizado en caliente	UND	72	\$ 997.680	\$ 71.832.924
SUBTOTAL					\$ 362.194.389,23
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 362.194.389,23
Administración (%)					8% \$ 28.975.551,14
Imprevistos (%)					2% \$ 7.243.887,78
Utilidades (%)					5% \$ 18.109.719,46
TOTAL COSTO BÁSICO					\$ 416.523.547,62
IVA sobre la utilidad 16%					16% \$ 2.897.555,11
TOTAL FINAL					\$ 419.421.102,73

Fuente: Autores y División de Planta Física de la UIS

Los análisis de los precios unitarios utilizados en la Tabla 27, se describen en el Anexo F.

La Tabla 28 muestra un resumen de los costos anuales de mantenimiento y operación junto con el consumo anual de energía lo cual permite proyectar el valor a futuro del proyecto adicionándole la reposición anual.

Tabla 28 Consumo de energía, mantenimiento y operación anual.

LUMINARIAS LED CON TELEGESTION	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL
TECEO_1_700mA 24led incluye LUCO	\$ 4.938.538	\$ 177.390,00
TECEO_1_700mA 16led incluye LUCO	\$ 763.960	\$ 41.610,00
SECO + software		
total	\$ 5.702.497	\$ 219.000,00

Los detalles técnicos de las luminarias, cantidades y valores de la energía en \$/kWh se presentan en la Tabla 26. El consumo de energía eléctrica presentado, es el mismo de la Tabla 23, se adiciona la columna de mantenimiento anual.

A continuación en la Tabla 29 se presenta el costo de la inversión inicial del proyecto considerando la inversión requerida en infraestructura tanto eléctrica como de obras civiles. El detalle de estos costos de inversión se presenta en el Anexo F.

Tabla 29 Costo total e inversión inicial.

COSTO ANUAL	\$ 11.691.205,50
INVERSIÓN INICIAL	\$ 419.421.102,73

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se realiza la evaluación económica para el escenario con luminarias tipo LED dimerizables integradas al sistema de telegestión, con el objetivo establecer criterios de decisión sobre la viabilidad del proyecto.

Basándose en el modelo establecido por el alumbrado público [22], se considera un costo de capital para proyectos de inversión del 11%, para los valores mostrados en miles de pesos se considera un horizonte de diez años donde el periodo cero es el año actual 2016.

6.1. Evaluación económica sin proyecto

Esta evaluación económica se realiza considerando términos corrientes sin financiación de terceros, a partir de la cual se obtienen los datos que permiten analizar la condición actual del sistema de alumbrado público con iluminación de sodio y permite realizar la evaluación del proyecto desde el aspecto incremental.

En la Tabla 30 se presentan los cálculos de energía, reposición anual y mantenimiento para las 72 lámparas de sodio de 125 W ubicadas en los circuitos mencionados en los literales anteriores. Para la valoración del consumo de energía eléctrica se considera una tarifa de \$360 por kWh consumido.

Tabla 30 Costos fijos anuales

CONSUMO DE ENERGÍA ANUAL	\$	17,597,088
REPOSICIÓN ANUAL	\$	3,988,989.64
MANTENIMIENTO ANUAL	\$	1,182,600
TOTAL	\$	22,768,678

De acuerdo con estos resultados se proyecta a veinticuatro años la solución actual obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 31.

Tabla 31 Proyección de la solución actual a 24 años

AÑO	SOLUCION ACTUAL
0	\$ 21,857,472.00
1	\$ 44,626,148.64
2	\$ 67,394,825.28
3	\$ 90,163,501.92
4	\$ 112,932,178.56
5	\$ 135,700,855.20
6	\$ 158,469,531.84
7	\$ 181,238,208.48
8	\$ 204,006,885.12
9	\$ 226,775,561.76
10	\$ 249,544,238.40
11	\$ 272,312,915.04
12	\$ 295,081,591.68
13	\$ 317,850,268.32
14	\$ 340,618,944.96
15	\$ 363,387,621.60
16	\$ 386,156,298.24
17	\$ 408,924,974.88
18	\$ 431,693,651.52
19	\$ 454,462,328.16
20	\$ 477,231,004.80
21	\$ 499,999,681.44
22	\$ 522,768,358.08
23	\$ 545,537,034.72
24	\$ 568,305,711.36
TOTAL	\$ 7,377,039,792.00

Para realizar el cálculo del valor en el año 0 se tomó como referencia el costo de la lámpara de sodio de 125 W la cual se multiplico por la cantidad de lámparas instaladas en los circuitos de interés.

6.2. Evaluación económica con el proyecto de luminarias LED y telegestión

En este análisis se encuentran los beneficios que trae para la Universidad Industrial de Santander, la implementación del proyecto con un sistema de telegestión, acompañado del cambio de iluminación de sodio por iluminación LED, la inversión inicial para este piloto se muestra en Tabla 27.

Con este proyecto se logra un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, se mejora la fiabilidad del alumbrado exterior y se reducen los costos de mantenimiento; lo cual permite gestionar de manera eficiente la red de alumbrado público.

En la Tabla 32 se presentan los cálculos del consumo de energía eléctrica, la reposición anual requerida por el sistema y el mantenimiento para las 100 lámparas LED dimerizables que estarían ubicadas en los circuitos mencionados en los literales anteriores, considerando una tarifa de \$360 por kWh consumido.

Tabla 32 Luminarias LED consumo anual

CONSUMO DE ENERGIA ANUAL	\$ 5.702.497
REPOSCION ANUAL	\$ 5.769.708
MANTENIMIENTO Y OPERACION ANUAL	\$ 219.000
COSTO ANUAL	\$ 11.691.206

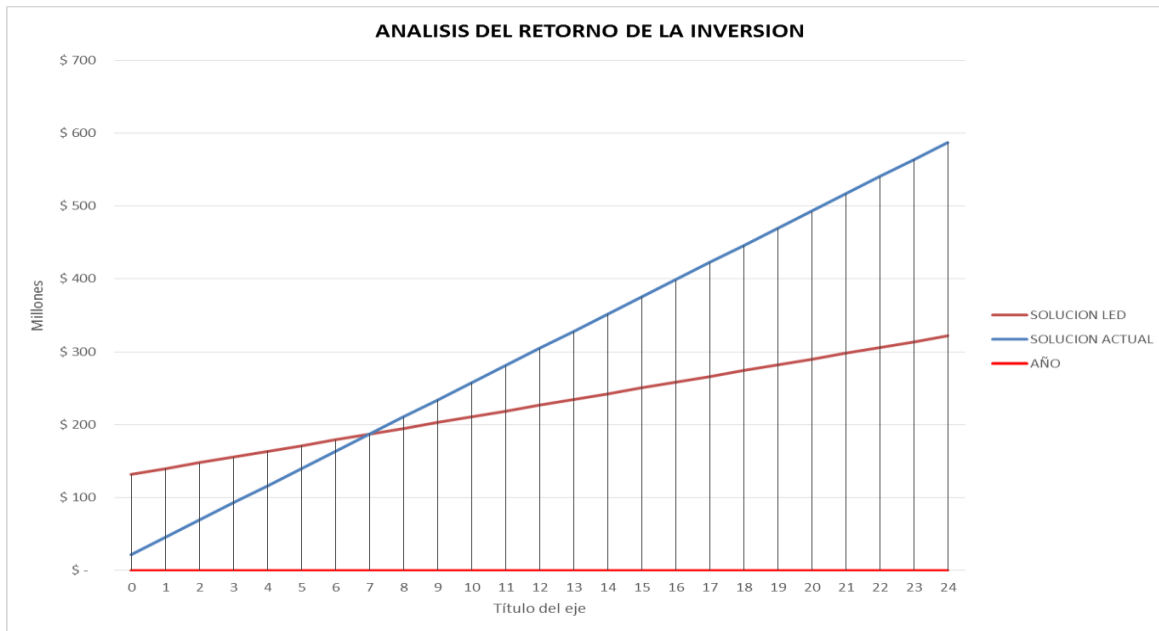
De acuerdo con estos resultados se proyecta a veinticuatro años la solución LED obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 33.

Para realizar el cálculo del valor en el año 0 se tomó como referencia el costo de la lámpara LED de 16 leds multiplicado por 19 lámparas y sumado al costo de las lámparas de 24 leds multiplicado por 81 lámparas. Partiendo de estos valores se obtiene una curva de retorno de la inversión inicial para el proyecto de tele gestión comparado con la solución actual (ver Figura 23).

Tabla 33 Proyección de solución LED

AÑO	SOLUCION LED
0	\$ 135,628,500.00
1	\$ 147,319,705.50
2	\$ 159,010,911.00
3	\$ 170,702,116.50
4	\$ 182,393,322.00
5	\$ 194,084,527.50
6	\$ 205,775,733.00
7	\$ 217,466,938.50
8	\$ 229,158,144.00
9	\$ 240,849,349.50
10	\$ 252,540,555.00
11	\$ 264,231,760.50
12	\$ 275,922,966.00
13	\$ 287,614,171.50
14	\$ 299,305,377.00
15	\$ 310,996,582.50
16	\$ 322,687,788.00
17	\$ 334,378,993.50
18	\$ 346,070,199.00
19	\$ 357,761,404.50
20	\$ 369,452,610.00
21	\$ 381,143,815.50
22	\$ 392,835,021.00
23	\$ 404,526,226.50
24	\$ 416,217,432.00
TOTAL	\$ 6,898,074,150.00

Figura 23 Retorno de la inversión



A continuación en la Tabla 34 se resume la información expuesta anteriormente

Tabla 34 Resultados.

RESULTADOS

Al hacer el cambio de las luminarias tradicionales por las equivalentes en LED el ahorro es:



\$ 15.270.914 En costos de energía al año



\$ 15.646.083 En costos totales de propiedad al año



El tiempo de recuperación de la inversión inicial es de **7,0 años (84,4 meses)**



La tasa de retorno de inversión al realizar este cambio es de **12%**

Al hacer este cambio se deja de emitir **7.678** Kg CO2 al medio ambiente

7. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO₂

En este capítulo se evaluarán las emisiones de CO₂ tanto del actual sistema de iluminación como de las alternativas que se han planteado en este trabajo de grado. Este cálculo es importante dado que ante los compromisos que se han adquirido en el COP 21 de París, Colombia se ha comprometido a reducir en el 2030 en un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero, a partir de las estimaciones previstas en el año 2010. Este compromiso requiere la garantía de que las propuestas de desarrollo de infraestructura consideren soluciones que tengan en cuenta la menor emisión de estos gases a la atmósfera (el dióxido de carbono, CO₂, es uno de los gases con mayor impacto en el calentamiento de la tierra).

En el marco teórico se definieron los parámetros y procedimientos utilizados para realizar el cálculo de emisiones de CO₂. La Tabla 35 muestra los resultados de emisiones de CO₂ del sistema de iluminación exterior actual.

Tabla 35 Emisiones de CO₂ proyecto actual

LUMINARIAS ACTUALES	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL kWh-año	g de CO ₂ / Año
LUMINARIA SODIO 125W	48880,8	8847424,8
TOTAL	48880,8	8847424,80

Cabe resaltar el valor de la huella de carbono anual generado por la UIS, sólo por iluminación de alumbrado exterior, actualmente es de 8,85 t de CO₂/año.

Se realiza el mismo procedimiento para calcular las emisiones de CO₂ usando luminarias LED y adicionalmente implementando telegestión. La Tabla 36 muestra los valores obtenidos de las emisiones de CO₂ con proyecto de iluminación LED, calculados a partir del factor de emisiones enunciado anteriormente.

Tabla 36 Emisiones de CO₂ con iluminación LED

LUMINARIAS LED	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL kWh-año	g de CO ₂ / Año
TECEO_1_700mA 24led	8130,375	1471597,875
TECEO_1_700mA 16led	1248,3	225942,3
TOTAL	9378,675	1697540,18

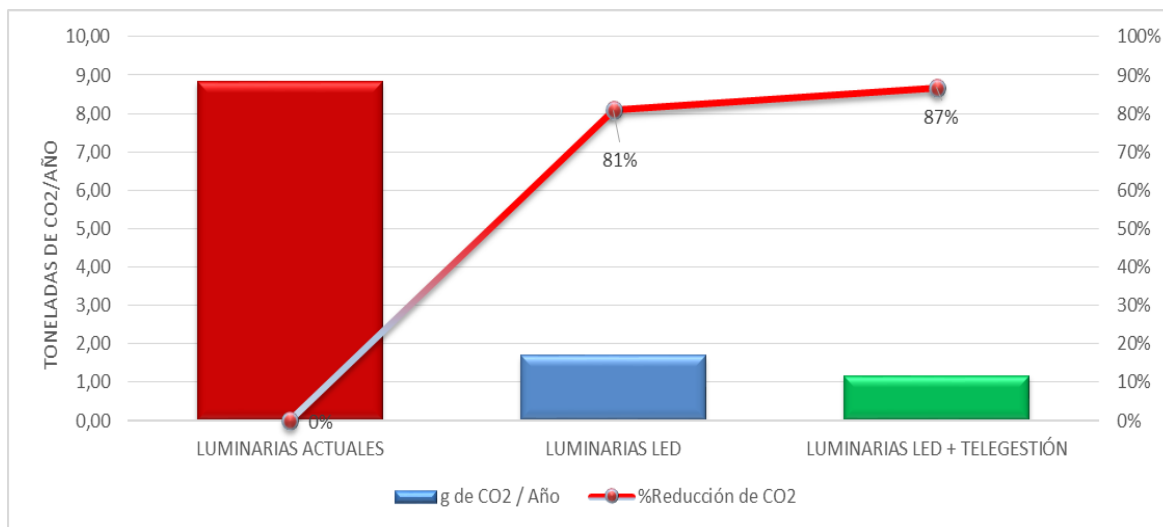
Como se observa en la Tabla 36, el valor de la huella de carbono anual generado por las lámparas LED es de 1,7 t de CO₂/año lo que representaría una disminución anual de generación de CO₂ igual a 7,15 ton de CO₂/año. Cabe resaltar que generar una tonelada de CO₂ equivalente al año aún no es la solución óptima del problema, por lo cual si se implementa el sistema de telegestión se puede regular la potencia de las lámparas, reduciéndose aún más la emisión CO₂ como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37 Emisiones de CO₂ con iluminación LED + Tele gestión

LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL kWh-año	g de CO ₂ / Año
TECEO_1_ 700mA 24led (Dimerizada al 50%)	5587,785	1011389,09
TECEO_1_ 700mA 16led (Dimerizada al 50%)	873,81	158159,61
TOTAL	6461,595	1169548,70

Comparando los valores del sistema actual de iluminación de la UIS con un sistema de iluminación con tecnología LED y telegestión, se tiene una reducción anual de 7,7 t de CO₂/año lo cual que está acorde con los protocolos internacionales ya se tiene una reducción de un 87% de las emisiones de CO₂ equivalente como se muestra en la Figura 24.

Figura 24 Emisiones de CO₂ de los diferentes sistemas de iluminación



8. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se realiza un resumen de los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto piloto de telegestión del alumbrado público de la UIS, cuyo objetivo principal es un estudio de la prefactibilidad del sistema piloto de tele gestión para el sistema de iluminación exterior del campus central. Para dar cumplimiento al objetivo general se plantearon dos metas a las cuales se les asignó una metodología con evidencias específicas que se encuentran a lo largo de este documento, y que se resumen en la Tabla 38.

Tabla 38 Resumen de los resultados del trabajo de grado

TITULO DE PROYECTO		PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
ESTUDIANTES		Jerson Orozco Quintero, Edwin Ayala Cadena			
Período del informe	Desde	20/08/2015	Hasta	01/08/2016	
OBJETIVO GENERAL					
Estudio de la prefactibilidad del sistema piloto de tele gestión para el sistema de iluminación exterior del campus central de la Universidad Industrial de Santander.					
1^{er} OBJETIVO ESPECÍFICO					
<ul style="list-style-type: none"> Definir las especificaciones técnicas del sistema piloto de tele gestión para el alumbrado exterior del campus central de la Universidad Industrial de Santander, con base en una revisión de información de fuentes secundarias. 					
Metodología			Evidencias		
1. Inspección técnica del sistema de iluminación actual (luminarias, cámaras y cableado).			<p>Como parte de la labor de campo del proyecto se inspeccionaron los componentes físicos del sistema como luminarias, apoyos, ductos canalizados, cajas de inspección y circuitos de distribución.</p> <p>Como conclusión de la labor de campo se determina la necesidad de repotenciar y actualizar el sistema para el cumplimiento de los requisitos reglamentarios vigentes y para adaptar la topología eléctrica de manera que se facilite la incorporación del sistema de telegestión.</p> <p>Las evidencias de las anomalías técnicas encontradas se encuentran en el capítulo 4.</p>		

	Los requisitos técnicos y la expectativa de costos del sistema de telegestión se encuentran en el capítulo 6 y tabla 27.
2. Estudio Fotométrico del sistema actual.	Basados en las normas existentes para iluminación de exteriores (RETIE y RETILAP) se tomaron medidas de luminancia (luxómetro) en las diferentes áreas establecidas dentro del alcance del proyecto, obteniendo como resultado el no cumplimiento con los valores descritos en la Tabla 9 de este documento, para vías de categoría P1, P2 y P3. Ver resultados obtenidos en la Tabla 6 y en el Anexo D (Tabla D.1).
3. Invitación a presentar propuesta de diseño fotométrico y requerimientos técnicos a cumplir por el diseñador.	A partir de los resultados obtenidos en el estudio fotométrico (ver Anexo E) se definen las características técnicas (ver Tabla 12) que deben cumplir los proveedores de sistemas de iluminación y telegestión para ser aprobados. Ver capítulo 4.2.
4. Estudio técnico del sistema de telegestión (localización en planos, descripción de los sistemas de telegestión y proveedores).	Por medio de un estudio técnico se define el funcionamiento del sistema de telegestión (detalles del proceso y características técnicas) y se identifican tres proveedores del mercado, se evaluó lo ofrecido por cada uno de ellos, para finalmente elegir bajo los criterios establecidos (ver Tabla 14) el más ajustado a las necesidades de la Universidad Industrial de Santander. (Capítulo 5).
5. Evaluación técnica de los proveedores de telegestión (tablas resumen de las características técnicas de cada proveedor y ponderado).	Se selecciona el fabricante Schreder por medio de una evaluación técnica, se definen los controladores a utilizar en los diferentes niveles que componen su estructura y se establecen las especificaciones técnicas exigidas para adquirir el diseño de iluminación LED. Ver evaluación técnica capítulo 5.3 (Tabla 14).
6. Simulación de las características técnicas de las luminarias del proveedor seleccionado.	Por medio de la herramienta Dialux y con base al estudio fotométrico se seleccionan las luminarias Schreder de referencia Teceo que mejor se ajustan a los a los valores permitidos para una vía de categoría P1, P2 o P3 (Ver ítem 5.4).

2^{do} OBJETIVO ESPECÍFICO

- Presentar una solución técnico-económica a la Universidad Industrial de Santander, basados en el estudio realizado en las zonas definidas dentro del proyecto, que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas y la normativa vigente.

1. Estudio económico, por el cual se pretende determinar la viabilidad de implementar el sistema piloto.	Se caracteriza el estudio técnico - económico y se plantean 3 escenarios, siendo el primero el sistema actual sin el proyecto de telegestión, obteniendo los costos de energía, mantenimiento y reposición. El segundo escenario se plantea implementar las luminarias LED junto con el sistema de telegestión sin realizar un cambio en las instalaciones eléctricas existentes, lo cual permitió obtener el resumen de costos y gastos con el proyecto implementado y finalmente observando un ahorro energético traducido en pesos de \$15'270.914 en costos de energía al año. El escenario 3 plantea el rediseño del sistema eléctrico de iluminación con el proyecto piloto de telegestión, se plantea la propuesta comercial soportada por los análisis de precios unitarios de cada ítem a ejecutar (ver Capítulo 6).
2. Análisis actual sin el proyecto (costos y gastos).	
3. Análisis actual con el proyecto (Apu's Obra civil, costos y gastos del sistema piloto).	
4. Evaluación económica con y sin proyecto.	
5. Retorno de la inversión.	
6. Resultados finales.	
7. Impacto ambiental del proyecto de telegestión (emisiones de Co2 de los dos escenarios).	

TAREAS COMPLEMENTARIAS	
1. Actualización de propuesta económica (precios 2016).	<p>A partir de los resultados obtenidos en un trabajo de grado anterior [16] en la que se presenta una propuesta económica, se actualizaron todos los precios y se crearon los APU para cada ítem de cada actividad descrita.</p> <p>Se trabajó bajo la modalidad de análisis de precios unitarios teniendo en cuenta que es la modalidad adoptada por la uis para en los proyectos de inversión.</p> <p>Se sugiere indicar la composición del aiu teniendo en cuenta los descuentos que la uis realiza a los diferentes contratos de obra.</p>

9. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

En este capítulo se presentan las conclusiones más relevantes del trabajo de grado desarrollado y se proponen algunas recomendaciones para darle continuidad al mismo.

9.1. Conclusiones

A continuación se realiza un listado de las conclusiones más relevantes del trabajo de grado realizado.

- Se inspeccionaron las áreas establecidas dentro del alcance del trabajo de grado, resaltando el estado actual de las cajas, luminarias y conductores, concluyendo que se necesita una repotenciación y actualización del sistema de iluminación para tener certeza de que se puede implementar el proyecto piloto de telegestión.
- Basados en las normas existentes para iluminación de exteriores (RETILAP) se tomaron medidas de luminancia en las diferentes áreas establecidas dentro del alcance del proyecto, obteniendo como resultado el no cumplimiento con los valores descritos en la Tabla 9, para vías de categoría P1, P2 y P3.
- A partir de los resultados obtenidos en el estudio fotométrico se definen las características técnicas que deben cumplir los proveedores de sistemas de iluminación y telegestión.

- Por medio de un estudio técnico se define el funcionamiento del sistema de telegestión (detalles del proceso y características técnicas) y se identifican tres proveedores del mercado, se evaluó lo ofrecido por cada uno de ellos, para finalmente seleccionar con los criterios establecidos el que más se ajustó a las necesidades de la UIS
- Una vez realizada la evaluación técnica (ver capítulo 5.3, tabla 14), se elige el fabricante Schreder, se definen los controladores a utilizar en los diferentes niveles que componen su estructura y se establecen las especificaciones técnicas exigidas para adquirir el diseño de iluminación LED.
- Por medio de la herramienta Dialux² y con base al estudio fotométrico se seleccionan las luminarias Schreder de referencia Teceo que cumplen con los valores de luminancia requeridos para una vía de categoría P2 y P3.
- Se caracteriza el estudio técnico - económico y se plantean 3 escenarios, siendo el primero el sistema actual sin el proyecto de telegestión, obteniendo los costos de energía, mantenimiento y reposición. En el segundo escenario se plantea implementar las luminarias LED junto con el sistema de telegestión sin realizar un cambio en las instalaciones eléctricas existentes, lo cual permitió obtener el resumen de costos y gastos con el proyecto implementado y finalmente observando un ahorro energético traducido en pesos de \$15'270.914 en costos de energía al año. Por otra parte, el escenario 3 plantea el rediseño del sistema eléctrico de iluminación con el proyecto piloto de telegestión, se plantea la propuesta comercial soportada por los análisis de precios unitarios de cada ítem a ejecutar.
- Partiendo de una inversión inicial del escenario 1, se proyecta a 25 años los valores de consumo, se realiza la misma metodología para el escenario 2, obteniendo un punto de equilibrio a los 8 años, es decir que el proyecto retorna la inversión al cabo del octavo año de haber sido implementado el piloto.
- El ahorro que representa implementar el sistema de tele gestión sobre el alumbrado público de la UIS referente a emisión de CO₂ es de alrededor de 8 toneladas al año y esto sólo en los corredores principales en donde se hizo el estudio, por tal motivo es importante para los autores del trabajo de grado, mostrar que se puede dar un gran paso en términos de plantear proyectos que reduzcan el impacto que la tecnología tiene en el planeta tierra, en especial en estos momentos donde se requiere proponer soluciones que impacten lo menos posible a nuestro planeta.

² se trata de una herramienta gratuita adoptada como estándar en el estudio de sistemas de iluminación y por tal razón los diferentes proveedores de luminarias suministran las curvas fotométricas correspondientes a su oferta técnica para su incorporación a la herramienta que fue utilizada.

- Finalmente los autores consideran que la realización de este trabajo de grado les ha permitido consolidar su formación profesional en los siguientes aspectos: la implementación de los elementos brindados por las normas técnicas vigentes en el país, el desarrollo de trabajo de campo para la identificación de las características del sistema de iluminación exterior de la UIS, la metodología para el cálculo de los consumos llevados a valores en pesos por medio de las variables tarifarias, la realización de una propuesta de proyecto usando análisis de precios unitarios y evaluando las diferentes alternativas que se presentan en el actual mercado para sistemas de AP, el uso de herramientas nuevas de software como Dialux, y el aprendizaje de métodos para el cálculo de emisiones de gases efecto invernadero en los sistemas eléctricos.

9.2. Recomendaciones

Para darle continuidad al trabajo de grado realizado, los autores proponen las siguientes recomendaciones:

- A partir de lo desarrollado en el trabajo de grado, se puede implementar un proyecto a gran escala que involucre la totalidad del sistema y que complemente el control de iluminación adoptado por la universidad, utilizando como plataforma de desarrollo el sistema Andover Continuum de Schneider Electric con el cual ya se cuenta en la universidad.
- La malla de comunicación inalámbrica del actual sistema adoptado por la UIS obedece a las tecnologías avanzadas de comunicaciones y se basa en el mismo estándar IEEE 802.15.4 que utiliza “Zigbee alianza”, luego los sistemas son compatibles y actualizables. Por otra parte, la compañía Schneider Electric es miembro de la “Zigbee alianza”, donde se busca preparar los sistemas para el futuro, y por consiguiente se podrá administrar el sistema de iluminación de exteriores de la universidad desde otra red inalámbrica sin sacrificar su compatibilidad con tan sólo un pequeño controlador con flexibles opciones de montaje, ya sea dentro de la caja del controlador en un espacio o fuera de ella en su propio gabinete.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto Numero 2424 de Julio 18 de 2006, Artículo 3°. Por el cual se regula la prestación del servicio de Alumbrado Público. Bogotá, D.C. 2006.
- [23] Andober Continuum Product Catalogue, octubre 2008, Schneider Electric. Disponible en [<http://goo.gl/VhUp7B>]. Fecha de consulta noviembre del 2015
- [24] APU para instalaciones eléctricas construdata. Archivo en pdf descargable en el link Consultado Noviembre del 2015
http://www.construdata.com/bancomedios/documentos%20pdf/Electricas_Telefonicas.pdf
- [20] Cálculo de la OCCC con los últimos datos disponibles (Observatorio de la electricidad). Este es el mix peninsular que tiene en cuenta las pérdidas en transporte y distribución, y el consumo del sector energético.
http://www.wwf.es/que_hacemos/cambio_climatico/nuestras_soluciones/energias_renovables/observatorio_de_la_electricidad Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Versión 2011. 10
- [18] DISTORSION ARMONICA, documento disponible en PDF el 10/11/2015 <URL <http://watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf>>
- [17] EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EXTERNO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CON EL ENFOQUE DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, autores: David Armando Gonzales Toloza, Wilson Fabián Grimaldo.
- [21] Heritas soluciones tecnológicas, imagen del sistema de telegestión y sus respectivos niveles. Disponible en [<http://goo.gl/p0KySE>]. Consultado noviembre del 2015
- [15] INDICES DE PROTECCION Y CLASES DE PROTECCION, GRUPO DECORVISE, disponible en internet el 10/11/2015
<URL http://www.decorvise.com/index.php?main_page=page&id=35&zenid=uu65h046b2vmt1vfu4ie0e43m4>
- [22] intranet-departamento de infraestructura del alumbrado público de Bucaramanga. Disponible en: [<http://goo.gl/1QdCMY>]. Consultado noviembre del 2015
- [11] MARCO TEÓRICO DE LA TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Año 2010, autor: Ing. Raúl Alberto Patiño Espinoza.
- [12] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Alumbrado público exterior, guía didáctica para el buen uso de la energía, UPME 2007 disponible en internet el 10/11/2015 <URL: http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf>

- [19] Norma UNE-ISO 14064-1. Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Véase: www.ghgprotocol.org Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Versión 2011. 5
- [26] página oficial de la empresa UMPI, Titulo “acerca de UMPI y el sistema MINOS”. Consultado Noviembre del 2015 <http://www.umpi.it/sp/quienes-somos>
- [27] Página oficial del fabricante Schreder. Título “Sobre nosotros”. Consultado noviembre del 2015 <http://www.schreder.com/cos-es/AboutUs/Pages/default.aspx>
- [28] Página oficial del fabricante Philips. Consultado noviembre del 2015 <http://www.lighting.philips.com.co/sistemas/iluminacion-conectada/city-touch.html>
- [16] PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, José Antonio Ramírez Pinto. 2010
- [10] RETILAP, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, resolución 180540 año 2010, ministerio de minas y energía disponible en internet el 10/11/2015. <URL: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf>.
- [25] Referencias de APU del departamento de Casanare “listados precios referencia” Consultado Noviembre del 2015 PDF descargable en el enlace: <http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=32723>
- [13] Sistema de Control Astronómico de Alumbrado SC2A-60, productos distribuidor DIMACO, disponible en internet el 10/11/2015: <http://www.dimaco.es/productos/sc2a60.htm>
- [14] SISTEMAS DE TELEGESTION DE LUMINARIAS LED, empresa Ispaled sistema de telegestión de luminarias led. Documento en PDF disponible en internet el 10/11/2015. http://www.urbasa.org/mediapool/146/1463148/data/HISPALED_TELEGESTION_LUMINARIAS_LED.PDF
- [6] Artículo 2- DECRETO NÚMERO 2424 DE JULIO 18 DE 2006 – MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA”
- [3] ENERGY EFFICIENT LIGHTING. Disponible en internet el 10/11/2015: URL:<http://www.eartheasy.com/live_energyeff_lighting.htm#1c>
- [9] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Reglas generales y especificaciones para el alumbrado público. Bogotá: ICONTEC, 2004. 150 p. (NTC 900).
- [5] LIBRO DISMINUCIÓN DE COSTES ENERGÉTICOS EN LA EMPRESA, Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética. Amaya Martínez García, Alicia Valero Delgado, Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribian, Sabina Scarpellini. FC EDITORIAL (2006)
- [2] Schiffman, Harvey (2011). La Percepción Sensorial. Limusa Wiley. p. 240. ISBN 968-18-5307-5

[7] UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Boletín Estadístico de Minas y Energía 1999-2005. Colombia. Mayo de 2006. ISBN 95897855-0-6

[8] Unidad Ejecutiva de Servicios públicos - UESP. Manual Único de Alumbrado Público para Bogotá, D.C. Bogotá: Imprenta Distrital, 2004. 847 p. (Resolución N° 17 del 10 de Febrero de 2004). No. 3069. ISSN 0124-0552.

[4] USO DE LOS LEDS EN LA ILUMINACIÓN, Enrique Fau de casa-Juana Martín, Javier Sánchez Soriano, Tomás Antón Escobar. Documento descargado. Disponible en internet el 10/11/2015.

<URL <http://infoleds.files.wordpress.com/2007/04/ledsweb.pdf> >

BIBLIOGRAFÍA

Andover Continuum Product Catalogue, octubre 2008, Schneider Electric. Disponible en [<http://goo.gl/VhUp7B>]. Fecha de consulta noviembre del 2015

APU para instalaciones eléctricas construdata. Archivo en pdf descargable en el link Consultado Noviembre del 2015 http://www.construdata.com/bancomedios/documentos%20pdf/Electricas_Telefonicas.pdf

Artículo 2- DECRETO NÚMERO 2424 DE JULIO 18 DE 2006 – MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA”

Cálculo de la OCCC con los últimos datos disponibles (Observatorio de la electricidad). Este es el mix peninsular que tiene en cuenta las pérdidas en transporte y distribución, y el consumo del sector energético. http://www.wwf.es/que_hacemos/cambio_climatico/nuestras_soluciones/energias_renovables/observatorio_de_la_electricidad Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Versión 2011. 10

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto Numero 2424 de Julio 18 de 2006, Artículo 3°. Por el cual se regula la prestación del servicio de Alumbrado Público. Bogotá, D.C. 2006.

DISTORSION ARMONICA, documento disponible en PDF el 10/11/2015 <URL <http://watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf>>

ENERGY EFFICIENT LIGHTING. Disponible en internet el 10/11/2015: URL: <http://www.eartheasy.com/live_energyeff_lighting.htm#1c>

EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EXTERNO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CON EL ENFOQUE DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA, autores: David Armando Gonzales Toloza, Wilson Fabián Grimaldo.

Heritas soluciones tecnológicas, imagen del sistema de telegestión y sus respectivos niveles. Disponible en [<http://goo.gl/p0KySE>]. Consultado noviembre del 2015

INDICES DE PROTECCION Y CLASES DE PROTECCION, GRUPO DECORVISE, disponible en internet el 10/11/2015

<URLhttp://www.decorvise.com/index.php?main_page=page&id=35&zenid=uu65h046b2vmt1vfu4ie0e43m4>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Reglas generales y especificaciones para el alumbrado público. Bogotá: ICONTEC, 2004. 150 p. (NTC 900).

intranet-departamento de infraestructura del alumbrado público de Bucaramanga. Disponible en: [<http://goo.gl/1QdCMY>]. Consultado noviembre del 2015

LIBRO DISMINUCIÓN DE COSTES ENERGÉTICOS EN LA EMPRESA, Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética. Amaya Martínez García, Alicia Valero Delgado, Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribian, Sabina Scarpellini. FC EDITORIAL (2006)

MARCO TEÓRICO DE LA TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Año 2010, autor: Ing. Raúl Alberto Patiño Espinoza.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Alumbrado público exterior, guía didáctica para el buen uso de la energía, UPME 2007 disponible en internet el 10/11/2015 <URL: http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf>

Norma UNE-ISO 14064-1. Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Véase: www.ghgprotocol.org Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Versión 2011. 5

Página oficial de la empresa UMPI, Título “acerca de UMPI y el sistema MINOS”. Consultado Noviembre del 2015 <http://www.umpi.it/sp/quienes-somos>

Página oficial del fabricante Philips. Consultado noviembre del 2015 <http://www.lighting.philips.com.co/sistemas/iluminacion-conectada/city-touch.html>

Página oficial del fabricante Schreder. Título “Sobre nosotros”. Consultado noviembre del 2015 <http://www.schreder.com/cos-es/AboutUs/Pages/default.aspx>

PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, José Antonio Ramírez Pinto. 2010

Referencias de APU del departamento de Casanare "listados precios referencia" Consultado Noviembre del 2015 PDF descargable en el enlace: <http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=32723>

RETILAP, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, resolución 180540 año 2010, ministerio de minas y energía disponible en internet el 10/11/2015. <URL: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf>.

Schiffman, Harvey (2011). La Percepción Sensorial. Limusa Wiley. p. 240. ISBN 968-18-5307-5

Sistema de Control Astronómico de Alumbrado SC2A-60, productos distribuidor DIMACO, disponible en internet el 10/11/2015: <http://www.dimaco.es/productos/sc2a60.htm>

SISTEMAS DE TELEGESTION DE LUMINARIAS LED, empresa Ispaled sistema de telegestión de luminarias led. Documento en PDF disponible en internet el 10/11/2015. http://www.urbasa.org/mediapool/146/1463148/data/HISPALED_TELEGESTION_LUMINARIAS_LED.PDF
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Boletín Estadístico de Minas y Energía 1999-2005. Colombia. Mayo de 2006. ISBN 95897855-0-6

Unidad Ejecutiva de Servicios públicos - UESP. Manual Único de Alumbrado Público para Bogotá, D.C. Bogotá: Imprenta Distrital, 2004. 847 p. (Resolución N° 17 del 10 de Febrero de 2004). No. 3069. ISSN 0124-0552.

USO DE LOS LEDS EN LA ILUMINACIÓN, Enrique Fau de casa-Juana Martín, Javier Sánchez Soriano, Tomás Antón Escobar. Documento descargado. Disponible en internet el 10/11/2015. <URL <http://infoleds.files.wordpress.com/2007/04/ledsweb.pdf> >

ANEXOS

Anexo A LISTA DE CHEQUEO Y CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS QUE DEBEN CUMPLIR LAS LUMINARIAS

Tabla A.1 LISTA DE CHEQUEO

ITEM	DESCRIPCIÓN	OK
1	Documentación técnica de los equipos incluyendo catálogos, hojas técnicas, <u>matriz de intensidades certificadas</u> .	
2	Cálculos fotométricos y diseños geométricos, presentados en forma numérica y gráfica, indicando las grillas de cálculo correspondientes en términos de luminancia e iluminancia.	
3	Especificaciones de instalación de los equipos de alumbrado: altura de montaje, inter-distancia, inclinación y avance de los equipos, así como la referencia de la luminaria, y demás especificaciones del conjunto óptico (Led) y conjunto eléctrico (driver).	
4	Plano de planta en formato DWG (AutoCAD) Plano de planta indicando referencia y la ubicación, altura de montaje, y avance de los equipos, y resumen de niveles fotométricos obtenidos, firmado por el ingeniero diseñador del fabricante.	
5	Carta de compromiso de suministro por parte del fabricante o comercializador de luminarias incluyendo la cotización de los equipos de iluminación, periodos de garantía y el tiempo de entrega.	
6	Declaración de cumplimiento de los parámetros fotométricos según formato RETILAP.	
7	Certificados RETILAP de todos los equipos de iluminación.	
8	Fotocopia de matrícula profesional y certificado de vigencia de la misma del ingeniero diseñador.	
9	Reporte de validación del software, expedido por un organismo o laboratorio de iluminación acreditado, nacional o internacional.	
10	Plan de mantenimiento acorde al factor de mantenimiento utilizado en los cálculos, firmado por el ingeniero diseñador.	
11	Anexo 1 Ficha técnica Luminaria LED firmado por representante legal de la firma proponente.	

Tabla A.2 CARACTERÍSTICAS MINÍMAS GARANTIZADAS PARA LAS LUMINARIAS LED

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

Este formato hace parte integral de la oferta, no modificable ni alterable.

**Firma del Representante Legal
 del Fabricante y/o Comercializador de Luminarias.**

Anexo B. PLANOS DE PLANTA CON DISTANCIAS DE MONTAJE.

Anexo C. FOTOS SECTORIZADAS (NIVEL DE ARBORIZACIÓN)

Anexo D. CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS DEL SISTEMA ACTUAL POR EL MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS

Tabla D.1 Toma de datos promedio de luminancia año 2015

DISTRIBUCIÓN	ZONA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
BILATERAL	S2-1	9,8	16,9	25,4	7,5	10,1	12,3	5,2	6,4	7,2
ALTERNADA		9	17,5	25,6	7,6	10,1	12,8	5,3	6,3	7,1
		10	17,4	25,5	7,5	10,2	12,8	5,2	6,2	7,1
	S2-2	5,4	7,5	18,6	6,3	7,4	8,6	6	9,3	10
UNILATERAL		5,5	7,5	18,5	6,2	7,3	8,7	6,4	9	9,1
		5,3	7,5	18,6	6,2	7,3	8,5	6,3	8,7	8,5
BILATERAL	S2-3	3,2	4,5	4,4	1,4	3,1	3,2	6,2	5,4	3,7
ALTERNADA		3,3	4,6	4,5	1,2	3,2	3,1	6,1	5,5	3,9
		3,4	4,4	4,7	1,3	3	3,2	6,1	5,3	4
BILATERAL	S2-4	75	30,8	14,85	21,7	23	11,94	15,4	12,7	8,3
OPUESTA		74	31	13,97	21,4	22,5	12,1	15,6	12,8	8,5
		75	30,2	13,8	20,9	22,4	12	15,7	13	8,54
BILATERAL	S2-5	15	26,8	50	12	12,5	14,4	20,1	18,5	21,4
ALTERNADA		15,6	27	50,2	11,8	12,4	14,3	19,9	18,4	19,9
		15,5	27,4	50,4	11,9	12,4	14,1	19,6	17,7	19,2
BILATERAL	S2-6	6,3	16,4	84,8	10,3	17,5	33,5	10	12,9	14
ALTERNADA		5,9	16,5	85	11,9	18,7	33,6	9,7	13	14,5
		6	16,5	87	12	18,6	33,8	9,4	13,3	14,7
BILATERAL	S2-7	10,2	19,3	35,1	10,7	16,2	21,9	7,4	9,3	11,9
ALTERNADA		9,9	20	34,8	10,6	15,9	22,2	7,6	9,4	11,4
		10	20,1	34,9	10,5	15,8	21,5	7,7	9,2	11,8

Fuente. Autores

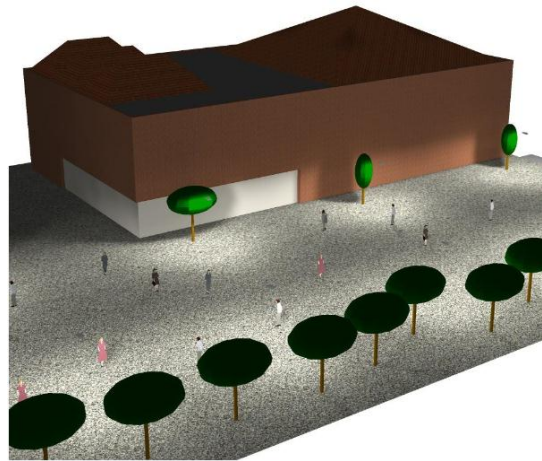
DISTRIBUCIÓN	ZONA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Eprom	Emin	Uo
B. ALTERNADA	S2-1	9,6	17,3	25,5	7,5	10,1	12,6	5,2	6,3	7,1	11,0	5,2	48%
UNILATERAL	S2-2	5,4	7,5	18,6	6,2	7,3	8,6	6,2	9,0	9,2	8,2	5,4	66%
B.OPUESTA	S2-3	3,3	4,5	4,5	1,3	3,1	3,2	6,1	5,4	3,9	3,7	1,3	35%
B. ALTERNADA	S2-4	74,7	30,7	14,2	21,3	22,6	12,0	15,6	12,8	8,4	22,3	8,4	38%
B. ALTERNADA	S2-5	15,4	27,1	50,2	11,9	12,4	14,3	19,9	18,2	20,2	18,6	11,9	64%
B. ALTERNADA	S2-6	6,1	16,5	85,6	11,4	18,3	33,6	9,7	13,1	14,4	21,1	6,1	29%
B. ALTERNADA	S2-7	10,0	19,8	34,9	10,6	16,0	21,9	7,6	9,3	11,7	15,7	7,6	48%

Fuente. Autores

Anexo E. ESTUDIO FOTOMETRICO Y FICHAS TECNICAS DE LA LUMINARIAS LED

El fabricante CELSA suministro un diseño fotométrico y recomendó las luminarias LED de referencia ACROLED y VEGALED establecidas en la tesis “Evaluación y rediseño del sistema eléctrico de iluminación del alumbrado público externo del campus central de la universidad industrial de Santander” [17], Basándose de la evaluación técnica de los proveedores (ver tabla 14), se tomó la decisión de utilizar en el estudio fotométrico, luminarias del fabricante Schreder. A continuación se mostrará el análisis fotométrico realizado en todas las zonas a estudio utilizando la herramienta DIALUX.

S2-5 plazoleta frente a Luis a calvo



Fuente. Autores

Listado de puntos de cálculo

N°	Designación	Tipo	Posición [m]			Rotación [°]			Valor [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto de cálculo horizontal 1	horizontal, plan	252.400	369.900	0.000	0.0	0.0	0.0	43
2	Punto de cálculo horizontal 2	horizontal, plan	251.900	366.800	0.000	0.0	0.0	0.0	24
3	Punto de cálculo horizontal 3	horizontal, plan	251.900	363.500	0.000	0.0	0.0	0.0	8.72
4	Punto de cálculo horizontal 4	horizontal, plan	248.700	369.700	0.000	0.0	0.0	0.0	25
5	Punto de cálculo horizontal 5	horizontal, plan	245.100	369.900	0.000	0.0	0.0	0.0	9.36
6	Punto de cálculo horizontal 6	horizontal, plan	249.200	366.900	0.000	0.0	0.0	0.0	15
7	Punto de cálculo horizontal 7	horizontal, plan	249.800	363.400	0.000	0.0	0.0	0.0	7.98
8	Punto de cálculo horizontal 8	horizontal, plan	245.200	367.000	0.000	0.0	0.0	0.0	6.15
9	Punto de cálculo horizontal 9	horizontal, plan	245.800	364.000	0.000	0.0	0.0	0.0	5.53

Resumen de los resultados

Tipos de punto de cálculo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Horizontal, plan	9	16	5.53	43	0.34	0.13

Fuente. Autores

S2-4 Bancas sociales



Fuente. Autores

Listado de puntos de cálculo

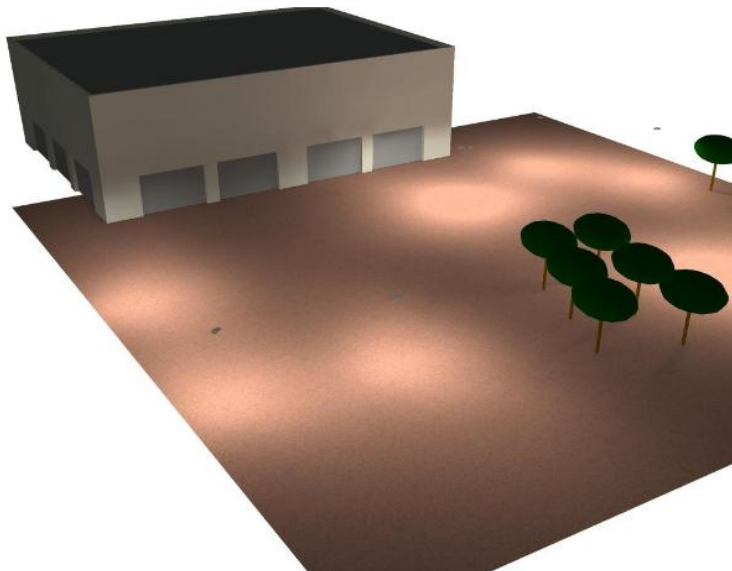
Nº	Designación	Tipo	Posición [m]			Rotación [°]			Valor [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto de cálculo horizontal 1	horizontal, plan	184.147	369.350	0.000	0.0	0.0	0.0	26
2	Punto de cálculo horizontal 2	horizontal, plan	184.247	371.050	0.000	0.0	0.0	0.0	24
3	Punto de cálculo horizontal 3	horizontal, plan	184.347	372.850	0.000	0.0	0.0	0.0	19
4	Punto de cálculo horizontal 4	horizontal, plan	181.047	369.450	0.000	0.0	0.0	0.0	21
5	Punto de cálculo horizontal 5	horizontal, plan	181.247	371.250	0.000	0.0	0.0	0.0	17
6	Punto de cálculo horizontal 6	horizontal, plan	181.247	372.850	0.000	0.0	0.0	0.0	14
7	Punto de cálculo horizontal 7	horizontal, plan	178.347	369.550	0.000	0.0	0.0	0.0	20
8	Punto de cálculo horizontal 8	horizontal, plan	178.447	371.350	0.000	0.0	0.0	0.0	15
9	Punto de cálculo horizontal 9	horizontal, plan	178.447	373.050	0.000	0.0	0.0	0.0	12

Resumen de los resultados

Tipos de punto de cálculo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Horizontal, plan	9	18	12	26	0.62	0.44

Fuente. Autores

S2-6 plazoleta biblioteca central



Fuente. Autores

Listado de puntos de cálculo

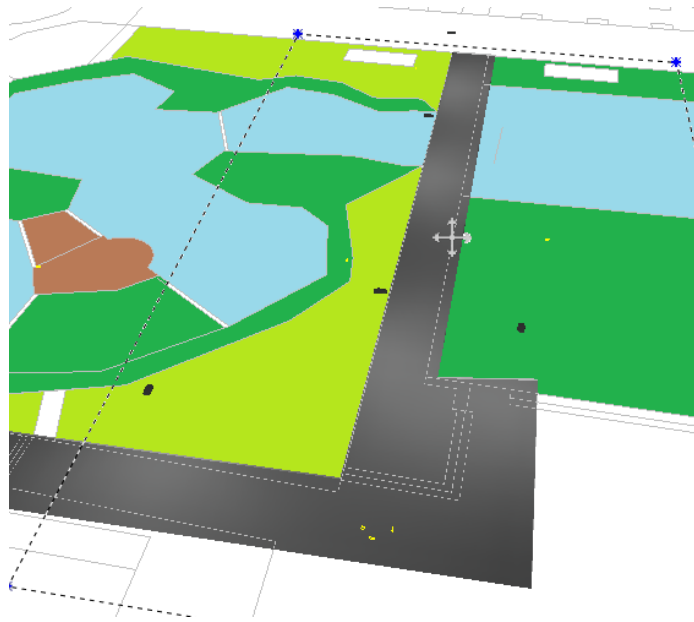
Nº	Designación	Tipo	Posición [m]			Rotación [°]			Valor [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto de cálculo horizontal 1	horizontal, plan	171.700	275.700	0.850	0.0	0.0	0.0	20
2	Punto de cálculo horizontal 2	horizontal, plan	171.700	278.100	0.850	0.0	0.0	0.0	17
3	Punto de cálculo horizontal 3	horizontal, plan	171.700	280.500	0.850	0.0	0.0	0.0	17
4	Punto de cálculo horizontal 4	horizontal, plan	169.800	275.800	0.850	0.0	0.0	0.0	19
5	Punto de cálculo horizontal 5	horizontal, plan	169.900	278.300	0.850	0.0	0.0	0.0	16
6	Punto de cálculo horizontal 6	horizontal, plan	169.800	280.500	0.850	0.0	0.0	0.0	14
7	Punto de cálculo horizontal 7	horizontal, plan	167.300	275.800	0.850	0.0	0.0	0.0	14
8	Punto de cálculo horizontal 8	horizontal, plan	167.500	278.400	0.850	0.0	0.0	0.0	12
9	Punto de cálculo horizontal 9	horizontal, plan	167.500	280.600	0.850	0.0	0.0	0.0	10

Resumen de los resultados

Tipos de punto de cálculo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Horizontal, plan	9	15	10	20	0.67	0.52

Fuente. Autores

S2- 3 Pasillo alrededor del lago



Fuente. Autores

Listado de puntos de cálculo

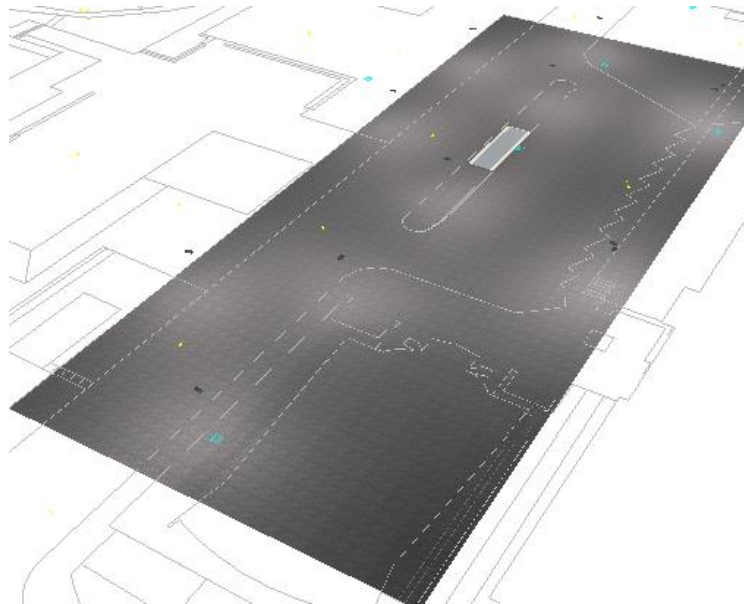
N°	Designación	Tipo	Posición [m]			Rotación [°]			Valor [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto de cálculo horizontal 1	horizontal, plan	151.500	320.599	0.850	0.0	0.0	0.0	42
2	Punto de cálculo horizontal 2	horizontal, plan	151.357	324.332	0.850	0.0	0.0	0.0	11
3	Punto de cálculo horizontal 3	horizontal, plan	151.423	328.193	0.850	0.0	0.0	0.0	6.49
4	Punto de cálculo horizontal 4	horizontal, plan	152.912	320.599	0.850	0.0	0.0	0.0	38
5	Punto de cálculo horizontal 5	horizontal, plan	153.024	324.356	0.850	0.0	0.0	0.0	13
6	Punto de cálculo horizontal 6	horizontal, plan	153.101	328.206	0.850	0.0	0.0	0.0	7.61
7	Punto de cálculo horizontal 7	horizontal, plan	154.292	320.599	0.850	0.0	0.0	0.0	30
8	Punto de cálculo horizontal 8	horizontal, plan	154.338	324.379	0.850	0.0	0.0	0.0	12
9	Punto de cálculo horizontal 9	horizontal, plan	154.385	328.206	0.850	0.0	0.0	0.0	7.28

Resumen de los resultados

Tipos de punto de cálculo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Horizontal, plan	9	19	6.49	42	0.35	0.15

Fuente. Autores

S2-4 corredor peatonal frente al edificio de mecánica



Fuente. Autores

Listado de puntos de cálculo

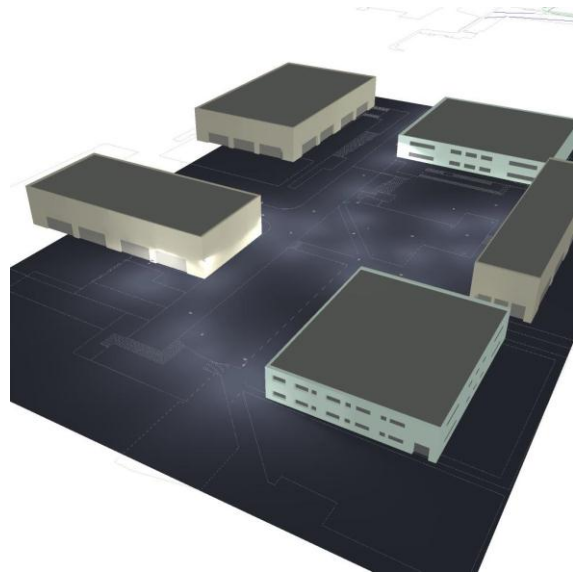
Nº	Designación	Tipo	Posición [m]			Rotación [°]			Valor [lx]
			X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Punto de cálculo horizontal 1	horizontal, plan	194.000	302.700	0.850	0.0	0.0	0.0	65
2	Punto de cálculo horizontal 2	horizontal, plan	196.600	302.700	0.850	0.0	0.0	0.0	22
3	Punto de cálculo horizontal 3	horizontal, plan	199.300	302.600	0.850	0.0	0.0	0.0	7.08
4	Punto de cálculo horizontal 4	horizontal, plan	193.900	306.200	0.850	0.0	0.0	0.0	34
5	Punto de cálculo horizontal 5	horizontal, plan	196.500	306.200	0.850	0.0	0.0	0.0	15
6	Punto de cálculo horizontal 6	horizontal, plan	199.200	306.200	0.850	0.0	0.0	0.0	5.41
7	Punto de cálculo horizontal 7	horizontal, plan	193.800	309.700	0.850	0.0	0.0	0.0	12
8	Punto de cálculo horizontal 8	horizontal, plan	196.400	309.600	0.850	0.0	0.0	0.0	9.05
9	Punto de cálculo horizontal 9	horizontal, plan	199.100	309.600	0.850	0.0	0.0	0.0	4.07

Resumen de los resultados

Tipos de punto de cálculo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
Horizontal, plan	9	19	4.07	65	0.21	0.06

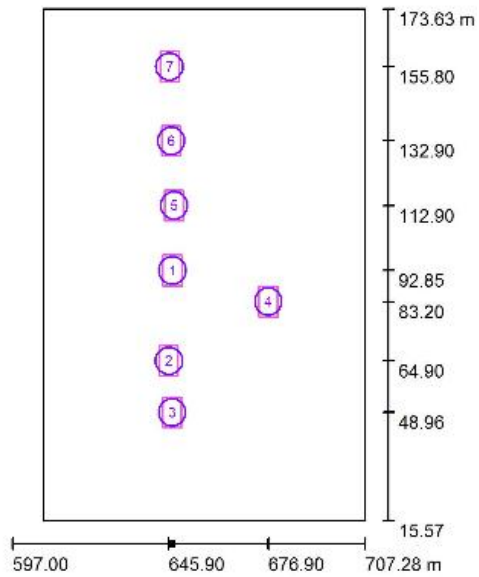
Fuente. Autores

S2-6, S2-7 corredor frente al edificio CENTIC y plazoleta edificio livianos, corredor edificio laboratorios pesados



Fuente. Autores

Zonas estudias.



Fuente. Autores

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	32 x 32	18	3.81	69	0.213	0.055
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	13	4.16	59	0.317	0.070
3	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	19	7.10	75	0.370	0.095
4	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	20	8.44	68	0.412	0.124
5	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	15	2.54	72	0.164	0.035
6	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	18	2.84	71	0.161	0.040
7	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 32	21	5.48	83	0.263	0.066

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	7	18	2.54	83	0.14	0.03

Anexo F. Tabla F.1. Análisis de precios unitarios

REDES ELECTRICAS PARA ALUMBRADO DE LAS ZONAS PEATONALES CON TECNOOGIA LED Y SISTEMA DE TELEGESTIÓN					
Alumbrado de las zonas de mayor flujo peatonal de la universidad industrial de Santander					
			ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
1.00	ÍTEM	1.00			
	DESCRIPCIÓN	Excavación y tapado de ducteria electrica Ref. [22] tomado de construdata y modificado por el autor			
	UNIDAD	ml			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta Menor	und	1	2400,00	2400
	Equipo de compactación	dia	0,02	45000,00	900
	Cinta de señalizacion	ml	2	70,00	140
	Total Equipos y Herramientas				3440,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Recebo B 200	M3	0,21	28000,00	5880
	Retiro de escombros	M3	0,24	46500,00	11160
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				17040
III. TRANSPORTES					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte de materiales	m3	0,21	12000,00	2520
	Total Transporte				2520
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	0,10	10877,7
	Total Mano de Obra				10877,7
	Costo Directo				33877,70
1,01	ÍTEM	1,01			
	DESCRIPCIÓN	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALCIÓN DE TUBERIA PVC 3/4 SUBTERRANEA			
	UNIDAD	ml			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,2	\$ 1.000,00	\$ 200,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 200,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Accesorios	glb	0,5	\$ 5.000,00	\$ 2.500,00
	Limpiador PVC 1/4 gln	und	0,0105	\$ 18.200,00	\$ 191,10
	Soldadura PVC tecno. 1/4 gl ntc576	und	0,015	\$ 28.357,00	\$ 425,36
	Tubo conduit PVC 3/4"	ml	1	\$ 2.850,00	\$ 2.850,00
	Arena corriente	m3	0,05	\$ 40.000,00	\$ 2.000,00
	Apisonadora + operario	hra	0,17	\$ 17.400,00	\$ 2.958,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 38.856,12
III. TRANSPORTES					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,018	\$ 25.000,00	\$ 450,00
	Total Transporte				\$ 450,00
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,02	\$ 2100,00
	Total Mano de Obra				\$ 2.100
	Costo Directo				\$ 41.606

1,02	ÍTEM	1.02			
	DESCRIPCIÓN	Caja de inspección para alumbrado REF[22] tomado de construdata y modificado por el autor			
	UNIDAD	UND			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	1,5	\$ 5.000,00	\$ 7.500,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 7.500,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Adaptador Terminal Campana 3"	un	2,05	\$ 4.230,00	\$ 8.671,50
	Concreto grava comun 2000 psi	m3	0,04	\$ 311.800,00	\$ 12.472,00
	Concreto grava comun 2500 psi	m3	0,16	\$ 326.625,00	\$ 52.260,00
	ladrillo comun recocido	un	93	\$ 300,00	\$ 27.900,00
	marco y tapa de caja de inspeccion 60x60 cm	un	1	\$ 79.288,00	\$ 79.288,00
	mortero 2000 psi	m3	0,13	\$ 315.753,85	\$ 41.048,00
	Recebo B200	m3	0,11	\$ 3.336,36	\$ 367,00
	tabla burra ordinario 25	m	4,4	\$ 13.920,00	\$ 61.248,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 283.254,50
	III. TRANSPORTES				
	Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,91	\$ 55.000,00	\$ 50.050,00
	Total Transporte				\$ 50.050,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	1,00	\$ 108.777,00
	Total Mano de Obra				\$ 108.777,00
	Costo Directo				\$ 449.581,50
	El diseño de la caja de inspección se adjunta en el anexo I (Parametros constructivos)				
	El costo de la mano de obra fue referenciado de Construdata [22]				
1,03	ÍTEM	1,03			
	DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Schreder de 55W (incuye LUCO) difusor en vidrio templado REF[22] APU construdata (instalación de postes y luminarias) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	UND			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	1,7	\$ 5.000,00	\$ 8.500,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 8.500,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Accesorios	glb	0,1	\$ 1.000,00	\$ 100,00
	Luminaria Schreder LED 55 W (incluye luco)	und	1	\$ 1.371.600,00	\$ 1.371.600,00
	Cable de cobre THW #12 AWG	ml	14,7	\$ 1.100,00	\$ 16.170,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 1.387.870,00
	III. TRANSPORTES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Grua canastilla Hidraulica	glb	0,08	\$ 480.000,00	\$ 38.400,00
	Equipo de seguridad	glb	0,08	\$ 46.000,00	\$ 3.680,00
	Total Transporte				\$ 42.080,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,13	\$ 13.125,00
	Total Mano de Obra				\$ 13.125,00
	Costo Directo				\$ 1.451.575,00

1,04	ÍTEM	1,04			
	DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 36W (incuye LUCO) difusor en vidrio templado REF[22] APU construdata (instalación de postes y luminarias) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	UND			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	1,7	\$ 5.000,00	\$ 8.500,00
Total Equipos y Herramientas					\$ 8.500,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Accesorios	glb	0,1	\$ 1.000,00	\$ 100,00
	Luminaria Schreder LED 36 W (incluye luco)	und	1	\$ 1.170.320,00	\$ 1.170.320,00
	Cable de cobre THW #12 AWG	ml	14,7	\$ 1.100,00	\$ 16.170,00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios					\$ 1.186.590,00
III. TRANSPORTES					-
	Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Grua canastilla Hidraulica	glb	0,08	\$ 480.000,00	\$ 38.400,00
	Equipo de seguridad	glb	0,08	\$ 46.000,00	\$ 3.680,00
Total Transporte					\$ 42.080,00
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,13	\$ 13.125,00
Total Mano de Obra					\$ 13.125,00
Costo Directo					\$ 1.250.295,00
					-
1,05	ÍTEM	1,05			
	DESCRIPCIÓN	Instalación de puesta a tierra con varilla en cobre 5/8 x 2,4 mts [22]			
	UNIDAD	UND			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	1,3	\$ 6.500,00	\$ 8.450,00
Total Equipos y Herramientas					\$ 8.450,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Varilla Cooper Weld de 5/8 x 2,40 de Cobre Macizo	und	1	\$ 95.600,00	\$ 95.600,00
	Cemento conductivo	bto	0,25	\$ 95.000,00	\$ 23.750,00
	Conector de Tornillo en Cobre	und	1	\$ 5.200,00	\$ 5.200,00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios					\$ 124.550,00
III. TRANSPORTES					-
	Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario	Total
	transporte	glb	0,3	\$ 25.000,00	\$ 7.500,00
Total Transporte					\$ 7.500,00
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,25	\$ 26.250,00
Total Mano de Obra					\$ 26.250,00
Costo Directo					\$ 166.750,00

1.06	ÍTEM	1.06			
	DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 3#10+1#12T REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	ML			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,25	\$ 5.000,00	\$ 1.250,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 1.250,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Cable en cobre THW #10 AWG	ml	3	\$ 1.600,00	\$ 4.800,00
	Cable en cobre THW #12 AWG	ml	1	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00
	Accesorios	glb	0,9	\$ 1.000,00	\$ 900,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 6.800,00
	III. TRANSPORTES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,05	\$ 2.500,00	\$ 125,00
	Total Transporte				\$ 125,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,020	\$ 2.100,00
	Total Mano de Obra				\$ 2.100,00
	Costo Directo				\$ 10.275,00
1.07	ÍTEM	1.07			
	DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#12T REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	ML			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,25	\$ 5.000,00	\$ 1.250,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 1.250,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Cable en cobre THW #10 AWG	ml	2	\$ 1.600,00	\$ 3.200,00
	Cable en cobre THW #12 AWG	ml	1	\$ 1.100,00	\$ 1.100,00
	Accesorios	glb	0,9	\$ 1.000,00	\$ 900,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 5.200,00
	III. TRANSPORTES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,015	\$ 25.000,00	\$ 375,00
	Total Transporte				\$ 375,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,01	\$ 1.050,00
					\$ -
	Total Mano de Obra				\$ 1.050,00
	Costo Directo				\$ 7.875,00

**REDES ELECTRICAS PARA ALUMBRADO DE LAS ZONAS PEATONALES CON TECNOOGIA LED
Y SISTEMA DE TELEGESTIÓN**

**Alumbrado de las zonas de mayor flujo peatonal de la universidad industrial de
Santander**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
--------------------------------------	--

1.00	ÍTEM	1.00
	DESCRIPCIÓN	Excavacion y tapado de ducteria electrica Ref. [22] tomado de construdata y modificado por el autor
	UNIDAD	ml

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta Menor	und	1	2400.00
Equipo de compactación	dia	0.02	45000.00
Cinta de señalizacion	ml	2	70.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Recebo B 200	M3	0.21	28000.00
Retiro de escombros	M3	0.24	46500.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte de materiales	m3	0.21	12000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	0.10
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.01	ÍTEM	1.01
	DESCRIPCIÓN	SUMINISTRO, TRANPORTE E INSTALCIÓN DE TUBERIA PVC 3/4 SUBTERRANEA
	UNIDAD	ml

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.2	\$ 1.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Accesorios	glb	0.5	\$ 5.000.00
Limpiador PVC 1/4 gln	und	0.0105	\$ 18.200.00
Soldadura PVC tecno. 1/4 gl ntc576	und	0.015	\$ 28.357.00
Tubo conduit PVC 3/4"	ml	1	\$ 2.850.00
Arena corriente	m3	0.05	\$ 40.000.00
Apisonadora + operario	hra	0.17	\$ 17.400.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.018	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.02
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.02

ÍTEM	1.02
DESCRIPCIÓN	Caja de inspección para alumbrado REF[22] tomado de construdata y modificado por el autor
UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	1.5	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Adaptador Terminal Campana 3"	un	2.05	\$ 4.230.00
Concreto grava comun 2000 psi	m3	0.04	\$ 311.800.00
Concreto grava comun 2500 psi	m3	0.16	\$ 326.625.00
ladrillo comun recocido	un	93	\$ 300.00
marco y tapa de caja de inspeccion 60x60 cm	un	1	\$ 79.288.00
mortero 2000 psi	m3	0.13	\$ 315.753.85
Recebo B200	m3	0.11	\$ 3.336.36
tabla burra ordinario 25	m	4.4	\$ 13.920.00

Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios
--

III. TRANSPORTES

Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.91	\$ 55.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	1.00
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

El diseño de la caja de inspección se adjunta en el anexo I (Parametros constructivos)

El costo de la mano de obra fue referenciado de Construdata [22]

1.03

ÍTEM	1.03
DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 55W (incuye LUCO) difusor en vidrio templado REF[22] APU construdata (instalación de postes y luminarias) modificado por el Autor.
UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	1.7	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Accesorios	glb	0.1	\$ 1.000.00
Luminaria Schreder LED 55 W (incluye luco)	und	1	\$ 1.371.600.00
Cable de cobre THW #12 AWG	ml	14.7	\$ 1.100.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Grúa canastilla Hidraulica	glb	0.08	\$ 480.000.00
Equipo de seguridad	glb	0.08	\$ 46.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.13
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.04	ÍTEM	1.04
	DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 36W (incuye LUCO) difusor en vidrio templado REF[22] APU construdata (instalación de postes y luminarias) modificado por el Autor.
	UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	1.7	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Accesorios	glb	0.1	\$ 1.000.00
Luminaria Schreder LED 36 W (incluye luco)	und	1	\$ 1.170.320.00
Cable de cobre THW #12 AWG	ml	14.7	\$ 1.100.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario
Grua canastilla Hidraulica	glb	0.08	\$ 480.000.00
Equipo de seguridad	glb	0.08	\$ 46.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.13
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.05	ÍTEM	1.05
	DESCRIPCIÓN	Instalación de puesta a tierra con varilla en cobre 5/8 x 2,4 mts [22]
	UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	1.3	\$ 6.500.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Varilla Cooper Weld de 5/8 x 2,40 de Cobre Macizo	und	1	\$ 95.600.00

Cemento conductivo	bto	0.25	\$ 95.000.00
Conector de Tornillo en Cobre	und	1	\$ 5.200.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Tarifa	Cantidad	Valor Unitario
transporte	glb	0.3	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.25
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.06

ÍTEM	1.06
DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 3#10+1#12T REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.
UNIDAD	ML

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.25	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Cable en cobre THW #10 AWG	ml	3	\$ 1.600.00
Cable en cobre THW #12 AWG	ml	1	\$ 1.100.00
Accesorios	glb	0.9	\$ 1.000.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.05	\$ 2.500.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.020
Total Mano de Obra			

Costo Directo

1.07

ÍTEM	1.07
DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#12T REF[22] APU construída, acometidas eléctricas (instalación de cable) modificado por el Autor.
UNIDAD	ML

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.25	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Cable en cobre THW #10 AWG	ml	2	\$ 1.600.00
Cable en cobre THW #12 AWG	ml	1	\$ 1.100.00
Accesorios	glb	0.9	\$ 1.000.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.015	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla eléctrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.01
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.08

ÍTEM	1.08
DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#14T REF[22] APU construída, acometidas eléctricas (instalación de cable) modificado por el Autor.
UNIDAD	ML

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.25	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Cable en cobre THW #10 AWG	ml	2	\$ 1.600.00
Cable en cobre THW #14 AWG	ml	1	\$ 800.00
Accesorios	glb	0.9	\$ 1.000.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.015	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0.01
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.09

ÍTEM	1.09
DESCRIPCIÓN	Circuito tierra en cable de Cu THW AWG #14 para el sistema de iluminación REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.
UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.25	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Cable en cobre THW #14 AWG	ml	1	\$ 800.00
Accesorios	glb	0.9	\$ 1.000.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.011	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	\$ 0.00
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.10	ÍTEM	1.10
	DESCRIPCIÓN	Corte, demolición y construcción de anden de 10cm de espesor
	UNIDAD	ML

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.06	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Accesorios	glb	0.2	\$ 1.000.00
Concreto 3000 psi	m3	0.105	\$ 270.000.00
Martillo neumatico + operador	hra	0.16	\$ 69.600.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte de escombros	glb	0.1	\$ 18.000.00
Transporte de materiales	glb	0.01	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	\$ 1.00
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.11	ÍTEM	1.11
	DESCRIPCIÓN	Corte, demolición y construcción de pavimento asfaltico de 0,20 m
	UNIDAD	ML

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	3.5	\$ 5.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
-------------	--------	----------	----------------

Accesorios	glb	1.2	\$ 1.000.00
Martillo neumatico + operador	hra	0.5	\$ 69.600.00
Cortadora de disco + operador	hra	0.5	\$ 13.920.00
Pavimento asfaltico MDC2	m3	0.105	\$ 273.760.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte de escombros a deposito	glb	0.125	\$ 18.000.00
Transporte de materiales	glb	0.5	\$ 25.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	\$ 1.00
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

ÍTEM	
DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de Automatismo
UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	1.5	5000
Total Equipos y Herramientas			7500

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Gabinete metalico de 30x30x10	und	1	105000
Riel omega	und	1	4200
Contactador LC1D09 Telemecanic	und	1	132200
portafusible	und	1	15370
Fusible	und	1	232
Timer programable 220V TAPD-22	und	1	214200
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			471202

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Transporte	glb	0.16	25000
Total Transporte			4000

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla Eléctrica	\$ 96.250	\$ 96.250	1.60
Total Mano de Obra			154000
Costo Directo			636702

1.12

ÍTEM	1.12
DESCRIPCIÓN	Suministro, Transporte e instalación de controlador de segmento SECO, incluye elementos de instalación
UNIDAD	UND

I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Herramienta menor	glb	0.08	\$ 84.000.00
Total Equipos y Herramientas			

II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Controlador de Segmento SECO. Incluye software y plataforma para ejercer control	und	1	\$ 3.900.000.00
Caja acometida antifraude tipo "loncera"	und	1	\$ 546.000.00
Accesorios	glb	1	\$ 26.000.00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios			

III. TRANSPORTES

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario
Grua canastilla Hidraulica	glb	0.08	\$ 480.000.00
Equipo de seguridad	glb	0.08	\$ 46.000.00
Total Transporte			

IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO


Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento
Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	\$ 1.60
Total Mano de Obra			
Costo Directo			

1.08	ÍTEM	1.08			
	DESCRIPCIÓN	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#14T REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	ML			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,25	\$ 5.000,00	\$ 1.250,00
Total Equipos y Herramientas					\$ 1.250,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Cable en cobre THW #10 AWG	ml	2	\$ 1.600,00	\$ 3.200,00
	Cable en cobre THW #14 AWG	ml	1	\$ 800,00	\$ 800,00
	Accesorios	glb	0,9	\$ 1.000,00	\$ 900,00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios					\$ 4.900,00
III. TRANSPORTES					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,015	\$ 25.000,00	\$ 375,00
Total Transporte					\$ 375,00
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	0,01	\$ 1.050,00
Total Mano de Obra					\$ 1.050,00
Costo Directo					\$ 7.575,00
					-
1.09	ÍTEM	1.09			
	DESCRIPCIÓN	Circuito tierra en cable de Cu THW AWG #14 para el sistema de iluminación REF[22] APU construdata, acometidas electricas (instalación de cable) modificado por el Autor.			
	UNIDAD	UND			
I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,25	\$ 5.000,00	\$ 1.250,00
Total Equipos y Herramientas					\$ 1.250,00
II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Cable en cobre THW #14 AWG	ml	1	\$ 800,00	\$ 800,00
	Accesorios	glb	0,9	\$ 1.000,00	\$ 900,00
Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios					\$ 1.700,00
III. TRANSPORTES					-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,011	\$ 25.000,00	\$ 275,00
Total Transporte					\$ 275,00
IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO					-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	\$ 0,00	\$ 420,00
Total Mano de Obra					\$ 420,00
Costo Directo					\$ 3.645,00


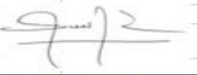
1.10	ÍTEM	1.10			
	DESCRIPCIÓN	Corte, demolición y construcción de andén de 10cm de espesor			
	UNIDAD	ML			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,06	\$ 5.000,00	\$ 300,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 300,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Accesorios	glb	0,2	\$ 1.000,00	\$ 200,00
	Concreto 3000 psi	m3	0,105	\$ 270.000,00	\$ 28.350,00
	Martillo neumatico + operador	hra	0,16	\$ 69.600,00	\$ 11.136,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 39.686,00
	III. TRANSPORTES				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte de escombros	glb	0,1	\$ 18.000,00	\$ 1.800,00
	Transporte de materiales	glb	0,01	\$ 25.000,00	\$ 250,00
	Total Transporte				\$ 2.050,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	\$ 1,00	\$ 108.777,00
	Total Mano de Obra				\$ 108.777,00
	Costo Directo				\$ 150.813,00
					-
1.11	ÍTEM	1.11			
	DESCRIPCIÓN	Corte, demolición y construcción de pavimento asfáltico de 0,20 m			
	UNIDAD	ML			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	3,5	\$ 5.000,00	\$ 17.500,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 17.500,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Accesorios	glb	1,2	\$ 1.000,00	\$ 1.200,00
	Martillo neumatico + operador	hra	0,5	\$ 69.600,00	\$ 34.800,00
	Cortadora de disco + operador	hra	0,5	\$ 13.920,00	\$ 6.960,00
	Pavimento asfáltico MDC2	m3	0,105	\$ 273.760,00	\$ 28.744,80
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 71.704,80
	III. TRANSPORTES				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte de escombros a deposito	glb	0,125	\$ 18.000,00	\$ 2.250,00
	Transporte de materiales	glb	0,5	\$ 25.000,00	\$ 12.500,00
	Total Transporte				\$ 14.750,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla de obra civil	\$ 108.777	\$ 108.777	\$ 1,00	\$ 108.777,00
	Total Mano de Obra				\$ 108.777,00
	Costo Directo				\$ 212.731,80

1.12	ÍTEM	1,12			
	DESCRIPCIÓN	Suministro, Transporte e instalación de controlador de segmento SECO, incluye elementos de instalación			
	UNIDAD	UND			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	0,08	\$ 84.000,00	\$ 6.720,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 6.720,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Controlador de Segmento SECO. Incluye software y plataforma para ejercer control	und	1	\$ 3.900.000,00	\$ 3.900.000,00
	Caja acometida antifraude tipo "loncera"	und	1	\$ 546.000,00	\$ 546.000,00
	Accesorios	glb	1	\$ 26.000,00	\$ 26.000,00
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 4.472.000,00
	III. TRANSPORTES				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Grua canastilla Hidraulica	glb	0,08	\$ 480.000,00	\$ 38.400,00
	Equipo de seguridad	glb	0,08	\$ 46.000,00	\$ 3.680,00
	Total Transporte				\$ 42.080,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	\$ 1,60	\$ 168.000,00
	Total Mano de Obra				\$ 168.000,00
	Costo Directo				\$ 4.688.800,00
					-
1,13	ÍTEM	1,13			
	DESCRIPCIÓN	Suministro, transporte e instalación de poste tronco conico liso de 6 mtr galvanizado en caliente			
	UNIDAD	UND			
	I. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Herramienta menor	glb	1,7	\$ 5.000,00	\$ 8.500,00
	Total Equipos y Herramientas				\$ 8.500,00
	II. SUMINISTRO DE EQUIPOS, ELEMENTOS, MATERIALES, ACCESORIOS				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Poste Tronco conico liso de 6m galvanizado en caliente	und	1	\$ 849.600,00	\$ 849.600,00
	caja de paso piso de 20x20x20	und	1	\$ 17.142,00	\$ 17.142,00
	Concreto de 3000 psi	m3	0,13125	\$ 270.000,00	\$ 35.437,50
	Total Suministros, Elementos, Materiales y Accesorios				\$ 902.179,50
	III. TRANSPORTES				-
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
	Transporte	glb	0,12	\$ 25.000,00	\$ 3.000,00
	Total Transporte				\$ 3.000,00
	IV. MANO DE OBRA MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO				-
	Trabajador	Jornal	Jornal Total	Rendimiento	Total
	Cuadrilla electrica (2 electricistas+ayudante)	\$ 105.000	\$ 105.000	\$ 0,80	\$ 84.000,00
	Total Mano de Obra				\$ 84.000,00
	Costo Directo				\$ 997.679,50

Tabla F. Propuesta de iluminación. LED y sistema de tele gestión

FORMATO No. 4- PROPUESTA ECONÓMICA					
PROPUESTA DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN LED					
REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED Y PROGRAMA PILOTO DE TELEGESTIÓN DE LAS ZONAS: plazoleta frente al Luis A. Calvo incluyendo las bancas sociales hasta la gallería, plazoleta biblioteca central, pasillo alrededor del lago, corredor peatonal frente a la escuela de mecánica, corredor frente a edificio CENTIC					
FORMULARIO DE LA COTIZACIÓN - CANTIDADES Y PRECIOS					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
SISTEMA DE IUMINACIÓN LED					
1,00	Excavación	ML	942	\$ 33.878	\$31912793,40,00
1,01	Suministro, transporte e instalación de tubería PVC 3/4"	ML	942	\$ 41.606	\$ 39.192.960
1,02	Caja de inspección para alumbrado	UND	5	\$ 449.582	\$ 2.247.908
1,03	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 55W (incluye LUCO) difusor en vidrio templado	UND	81	\$ 1.451.575	\$ 117.577.575
1,04	Suministro, transporte e instalación de luminaria LED Scherder de 36W (incluye LUCO) difusor en vidrio templado	UND	19	\$ 1.250.295	\$ 23.755.605
1,05	Instalación de puesta a tierra con varilla en cobre 5/8 x 2,4 mts	UND	4	\$ 166.750	\$ 667.000
1,06	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 3#10+1#12T	ML	165	\$ 10.275	\$ 1.695.375
1,07	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#12T	ML	685	\$ 7.875	\$ 5.394.375
1,08	Instalación de red subterránea, Cable de Cu THW 2#10+1#14T	ML	96	\$ 7.575	\$ 727.200
1,09	Circuito tierra en cable de Cu THW AWG #14 para el sistema de iluminación	ML	392	\$ 3.645	\$ 1.428.840
1,10	Corte, demolición y construcción de andén de 10cm de espesor	ML	10	\$ 150.813	\$ 1.508.130
1,11	Corte, demolición y construcción de pavimento asfáltico de 0,20 m	ML	280	\$ 212.732	\$ 59.564.904
1,12	Suministro, Transporte e instalación de controlador de segmento SECO, incluye elementos de instalación	UND	1	\$ 4.688.800	\$ 4.688.800
1,13	Suministro, transporte e instalación de poste tronco conico liso de 6 mtr galvanizado en caliente	UND	72	\$ 997.680	\$ 71.832.924
SUB TOTAL					\$ 362.194.389,23
				TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 362.194.389,23
				Administración (%)	8%
					\$ 28.975.551,14
				Imprevistos (%)	2%
					\$ 7.243.887,78
				Utilidades (%)	5%
					\$ 18.109.719,46
				TOTAL COSTO BÁSICO	\$ 416.523.547,62
				IVA sobre la utilidad 16%	16%
					\$ 2.897.555,11
				TOTAL FINAL	\$ 419.421.102,73

Anexo G. G1 Cotizaciones recibidas para la ejecución del proyecto

<p>Schreder Colombia S.A. Bogotá D.C. Cra 106A No. 154A-46 Suba Via Clínica Corpas PBX: 6863386 FAX: 6863386 Ext. 142 email:ventas@schreder.com.co www.schreder.com NIT: 860.001.771-5</p>				
Bucaramanga, 15 de Noviembre 2015		Cotización No. HCAF-177-15		
SEÑORES: CIVITEL INGENIEROS S.A.S. Atte.: Ing. Edwin Fernando Ayala C. Ciudad.				
Asunto: Cotización Teceo Iluminación vial				
Apreciados Señores:				
En atención a su amable solicitud con la presente tenemos el agrado de cotizarles los siguientes Equipos de iluminación:				
ITEM	DESCRIPCION	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TESEO 1-6100 Lm 700mA 55W 24 LED INCLUYE LUCO	81	\$1.371.600	\$111.099.600
2	TESEO 1- 4000 Lm 700mA 36W 16 LED INCLUYE LUCO	19	\$1.170.320	\$22.236.080
SUB TOTAL				\$133.335.680
IVA (16%)				\$21.333.708
TOTAL				\$154.669.388
CONDICIONES COMERCIALES				
PRECIOS	Se entienden para mercancía puesta en sus bodegas de CIUDAD			
FORMA DE PAGO	50% Anticipo y 50% contraentrega			
PLAZO DE ENTREGA	12 SEMANAS a partir del recibo de su Orden de Compra y del anticipo del 50%. BANCOLOMBIA CTA CTE No. 601-734809-49 BANCO DE OCCIDENTE CTA CTE No. 242083731			
VALIDEZ	Treinta (30) días fecha.			
NOTA:	SCHREDER COLOMBIA S.A., es auto-retenedor según Resolución			
Cordialmente,				
HUGO CESAR ANGARITA FERNÁNDEZ Asesor en Iluminación Santanderes Celular: 311 599 1984 Mail: hugoc.angarita@schreder.com.co www.schreder.com Schreder Colombia S.A.		JORGE A. SANCHEZ SARAVIA Direccion Comercial Celular: 316 524 48 54 Mail: andres.sanchez@schreder.com.co www.schreder.com Schreder Colombia S.A.		

G.2 cotizaciones recibidas para la ejecución del proyecto.



INTER ELECTRICAS LTDA
NIT: 830113629-9
Carrera 12 # 13-46 BOGOTA-COLOMBIA
PBX: 3360755 - FAX: 3412439



Comercialización
(Compra,
almacenamiento y
distribución) de
Productos Eléctricos

Cotizacion Rapida

Estimados Señores (es) En Atención a su solicitud de cotización nos permitimos ofrecerles los siguientes productos distribuidos por nuestra compañía.

	Descripcion	Valor Unit. Incluido IVA	Valor	Cantidad
1)	Cable de Cobre Aislado THHN No. 10 (METRO)	\$ 1,600	\$ 3,291,200	2057
2)	Cable de Cobre Aislado THHN No. 12 (METRO)	\$ 1,100	\$ 935,000	850
3)	Cable de Cobre Aislado THHN No. 14 (METRO)	\$ 800	\$ 392,000	490
4)	Curva PVC de 3/4	\$ 300	\$ 135,000	450
5)	Tubo PVC Conduit de 3/4 x 3 Mts	\$ 2,850	\$ 2,736,000	960
6)	Varilla Cooper Weld de 5/8 x 2,40 de Cobre Macizo	\$ 95,600	\$ 95,600	1
	Total antes de Iva:	\$		6,538,621
	IVA:	\$		1,046,179
	Total:	\$		7,584,800

TODOS NUESTROS PRECIOS INCLUYEN IVA - NO INCLUYEN FLETES

Recibimos Tarjetas de Credito



Zona de Pagos On-Line

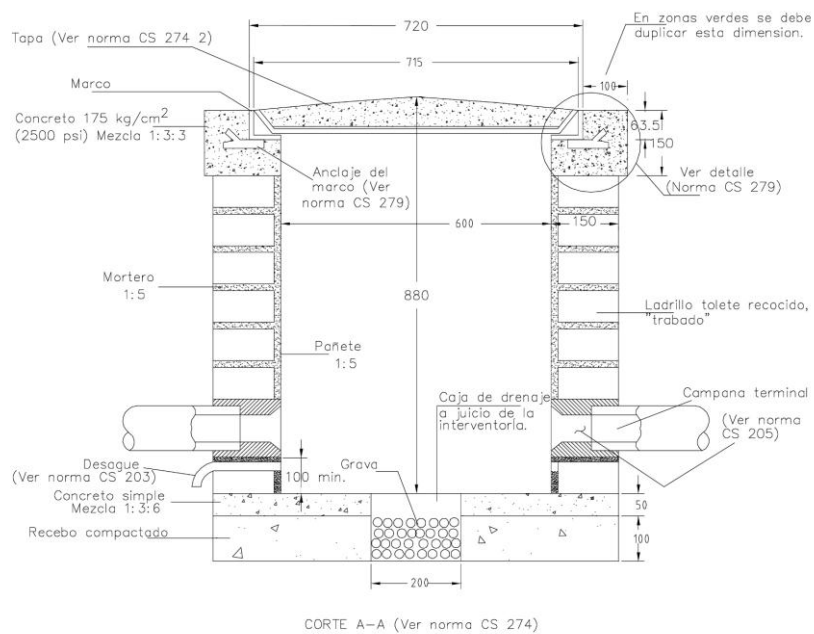
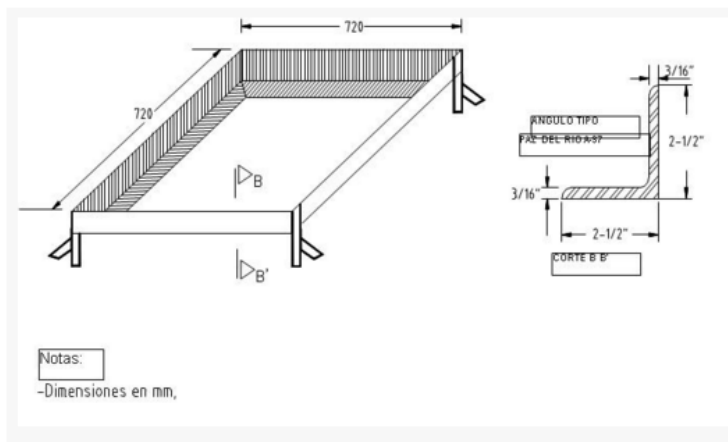


www.ie.com.co

Anexo H. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE OBRA CIVIL.

Caja de inspección para alumbrado público y acometidas de baja tensión.

Corte A - A' y marco



Fuente. Caja de inspección para alumbrado público [25]

Anexo I. Resumen de las características Técnicas evaluadas de cada sistema.

EVALUACIÓN TÉCNICA	Especificaciones técnicas Minos			
	Tensión de funcionamiento:	15 V~ ± 10% 50/60Hz ±5%		
	Corriente absorbida en reposo (funcionamiento a batería)	70 mA @ 10,4V~		
	Potencia nominal	3W (10VA)		
	Entradas digitales:	N. 16 opto aisladas		
	Salidas colector abierto:	N°6 12Vcc 20mA		
	Salidas Relé contacto NA-NC:	N°1 230V~ 3A ac1c		
	Salida para conexión ANDROS PLS:	12Vac +/-10% 3VA		
	Salida para conexión MODEM:	12Vdc (250mA Max)		
	Grado de aislamiento:	Clase II (doble aislamiento)		
	Grado de protección:	cuadro IP 50, bornas IP20		
	Dimensiones	160x90x70mm - 9 modulos DIN *		
Peso	650 g			
Especificaciones SCHREDER				
Temperatura ambiente (ta) -40°C a +80°C / -40°F a 175 °F	Potencia en stand-by < 0,7 W	- Sólido, flexible 0,13-2,5 mm2 (IEC)/26-14AWG(UL)	NORMAS	
Humedad relativa entre 10% y 90%	Potencia de funcionamiento < 0,8 W	con virola para extremo de cable DIN 46228 pt 1 min 0,25 mm 2 – 1,5	Directiva CEM 004/108/CE	
Temp. máx. de carcasa (tc) 80°C	Precisión del medidor de potencia	mm 2 y	Directiva de baja tensión 2006/95/	
Temperatura entre -30°C y +80 °C	integrado 1% (regulación entre 0% y 100%)	longitud de pelado de 6 mm	CE	
Humedad relativa entre 5% y 90%	Interfaz DALI conforme con IEC62386 parte 101/102/201/203/207	Cumple con la normativa 1-10VDC IEC60929 (Anexo E)	UL 916	
Voltaje de la red eléctrica 110-277 VAC ±10%	Capacidad de carga 4 controladores DALI	Capacidad de carga Ocho controladores de 1-10 V	EN301489-17 / EN61000-4 / EN55022	
Frecuencia de la red eléctrica 50/60 Hz ± 5%	Protección La interfaz está protegida contra cortocircuitos	Corriente de carga La interfaz es un sumidero de corriente de 16 mA máx.	Emisiones conducidas FCC Parte 15	
Corriente de carga máxima de 5 A (550 VA@110 V, 1,2 kVA@240 V, 1,38 kVA@277 V)	Voltaje de DALI 11,5 a 20,5 Vdc	Material RESINA DE ABS Toyolac® T884-1	Emisión radiada FCC Parte 15	
Fusible externo preciso ≤ 10 A	Corriente de DALI 8 mA	Clase de protección IP 20 (ya instalado)	Seguridad EN60950-1 / EN 61347-2-11	
	Conexión por abrazadera de tensión con dirección de salida a 135°	aislamiento según clase II		
	Palanca para abrir con facilidad el terminal	Directiva R&TTE1999/5/CE		
PHILIPS				
Starsense Wireless en resumen				
• OLC fácil de integrar en la luminaria				
• Instalación y puesta en marcha con facilidad y rapidez				
• Libertad para seleccionar cualquier driver regulable que utilice DALI o 1-10 V				
• Alto grado de libertad para emplazar el SC en cualquier lugar de la red mallada				
• Software fácil de entender para la operación del sistema, sin costes de instalación de dicho software				
• Acceso sencillo desde cualquier parte				
• Sistema fiable: largo alcance, interferencias limitadas, copias de seguridad automáticas				
• Comunicación segura, sin riesgo de tomas de control hostiles del sistema				
• Informes personalizados				
• Garantía de futuro: red escalable, actualizable remotamente				

Anexo J. Manuales de Sistemas de Telegestión e iluminación LED.