



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

“Telegestión del alumbrado público con tecnología LED. Estudio de un plan piloto para la Avenida Pio Jaramillo Alvarado de la Ciudad de Loja.”

Tesis de Grado previa la
Obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

AUTOR: Pablo David González Loaiza.

DIRECTOR: Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego, Mg. Sc.

2014

Loja-Ecuador

CERTIFICACIÓN


Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“Telegestión del alumbrado público con tecnología LED. Estudio de un plan piloto para la Avenida Pio Jaramillo Alvarado de la Ciudad de Loja”**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el señor egresado: **Pablo David González Loaiza**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, marzo de 2014.



Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Pablo David González Loaiza declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Pablo David González Loaiza.

Firma:  _____

Cédula: 110440093-0

Fecha: 21 de marzo de 2014.

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Pablo David González Loaiza declaro ser autor de la tesis titulada: “**Telegestión del alumbrado público con tecnología LED. Estudio de un plan piloto para la Avenida Pio Jaramillo Alvarado de la Ciudad de Loja**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Electromecánico; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional del Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 21 días del mes de marzo del dos mil catorce, firma el autor.

Firma: 

Autor: Pablo David González Loaiza

Cédula: 110440093-0

Dirección: José Rizal 27-08 y Nicolás Copérnico.

Correo Electrónico: pablitog18@hotmail.com

Teléfono: 072545025 **Celular:** 0987448597

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Juan Pablo Cabrera Samaniego, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Norman Augusto Jiménez León, Mg. Sc.

Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay, Mg. Sc.

Ing. Jorge Luis Maldonado Correa, Mg. Sc.

PENSAMIENTO

*“Quien no aplica remedios nuevos,
tendrá que aceptar nuevos males,
porque el tiempo es el máximo innovador”*

FRANCIS BACON

DEDICATORIA

Este trabajo se lo Dedico:

A Dios verdadera fuente de amor y sabiduría, por darme la oportunidad de existir; por cuidarme en cada paso que doy; por ser mi fortaleza e iluminarme día a día.

A mis padres, que por su infinito amor y paciencia han sido un pilar fundamental en mi formación como persona y como profesional, por su apoyo y su trabajo. Por su gran ejemplo de responsabilidad, humildad y generosidad; valores que me ha servido para ser lo que soy ahora.

A mis hermanos y hermana, porque juntos aprendimos a vivir, y crecimos día a día compartiendo momentos buenos y malos.

A mi novia, por ser parte importante de mi vida, por el apoyo, amor y comprensión brindados. A ti por ser mi mejor amiga.

A mis familiares, amigos y a todas aquellas personas que siempre tuvieron una palabra de aliento, por su motivación y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

*En necesario dejar constancia de mi agradecimiento a la **Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables**, y a todos los docentes que a lo largo de mi carrera, han transmitido sus conocimientos y consejos, mismos que sin duda me servirán para desenvolverle en mi vida profesional y personal.*

Agradezco también de manera especial al Ingeniero Juan Pablo Cabrera, Director de tesis, quién con su experiencia, apoyo y motivación supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

A todas las personas que forman parte de mi vida, gracias por haberme incentivado a seguir adelante.

“Ahora puedo decir que todo lo que soy es gracias a todos ustedes”

Muchas Gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

a.- TÍTULO	18
b.- RESUMEN	19
c.- INTRODUCCIÓN	21
d.- REVISIÓN DE LITERATURA	23
d.1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL ALUMBRADO PÚBLICO	23
d.1.1. LUMINOTECNIA	24
d.1.1.1. MAGNITUDES FUNDAMENTALES	24
d.1.1.1.1. Flujo Luminoso	25
d.1.1.1.2. Rendimiento Luminoso	25
d.1.1.1.3. Intensidad Luminosa	26
d.1.1.1.4. Nivel de Iluminación o Iluminancia (LUX)	28
d.1.1.1.5. Luminancia	29
d.1.1.2. EL COLOR Y LA LUZ	30
d.1.1.2.1. Luz Visible	30
d.1.1.2.2. TEMPERATURA DE COLOR	31
d.1.1.2.3. ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA	32
d.1.2. TIPOS DE FUENTES DE LUZ	33
d.1.2.1. Lámparas de vapor Mercurio de alta presión:	33
d.1.2.2. Lámparas de vapor de Sodio de baja presión:	35
d.1.2.3. Lámparas de vapor de Sodio de alta presión:	37
d.1.2.4. Lámparas de Halogenuros Metálicos:	39
d.1.2.5. Lámparas de Inducción Magnética	41
d.1.2.6. LEDS	42
d.1.2.10 Equipos auxiliares para el Encendido de las Lámparas	44
d.1.3. NORMATIVAS DEL ALUMBRADO PÚBLICO	47
d.1.3.1. Alumbrado Vial	47
d.1.3.1.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado	47
d.1.3.1.2. Niveles de iluminación de los viales	49
d.1.3.2. Alumbrados Específicos	51
d.1.3.2.1. Alumbrado de Glorietas	51
d.1.3.3. Localización de las Luminarias	51
d.1.3.4. Niveles de Iluminancia	52

d.1.4. DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS EN LA VÍA	53
d.1.4.1. Disposición unilateral	53
d.1.4.2. Central doble	53
d.1.4.3. Bilateral alternada.	54
d.1.4.4. Bilateral opuesta sin separador	55
d.1.4.5. Bilateral opuesta con separador.	55
d.1.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA	56
d.1.5.1. Eficiencia Energética de una Instalación	56
d.1.5.2. Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética	58
d.1.5.2.1. Instalaciones de alumbrado vial funcional.	58
d.1.6. MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	61
d.1.6.1.1. Selección de la retícula de medida	61
d.1.6.1.2. Área límite	62
d.2.4.1.3. Método simplificado de medida de la iluminancia media	63
d.1.6.2. Cálculos Computarizados de Iluminancia	64
d.1.6.2.1. Campo de Cálculo.	65
d.1.6.2.2. Posición de los Puntos de Cálculo.	65
d.1.6.3. Cálculos en Aceras y Carriles para Ciclorrutas.	66
d.1.6.4. Medida de Iluminancia en Glorietas	67
d.1.6.5. Cálculo de la Uniformidad General de Iluminancia en Alumbrado Público.	68
d.1.7. REQUISITOS ESPECÍFICOS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN	69
d.1.8. NORMAS QUE SE UTILIZAN EN EL ALUMBRADO PÚBLICO	70
d.2. CAPÍTULO II. TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO	72
d.2.1. BENEFICIOS DE TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	72
d.2.2. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO QUE SE MODIFICAN CON TELEGESTIÓN	72
e.2.2.1. Gestión Centralizada y Controlada	72
e.2.2.2. Seguimiento de la calidad y vida útil de los componentes de la infraestructura del servicio.	73
d.2.3. MÓDULOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN PARA EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	74
d.2.3.1. Descripción del primer nivel. El módulo de control del Punto de Luz.	75
d.2.3.2. Descripción del segundo nivel. El módulo de control del Centro de Distribución	77
d.2.3.3. Descripción del tercer nivel. El Centro de Control	78
d.2.4. EL SOFTWARE PARA LA TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO	79
d.2.5. COMUNICACIONES EN UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN	82

d.2.5.1. Onda portadora _____	82
d.2.5.2. Redes inalámbricas. _____	84
d.2.6. TIPOS DE TECNOLOGÍA DE TELEGESTIÓN DE ACUERDO A LOS PROVEEDORES _____	86
d.2.6.1. Descripción del Sistema de Telegestión de la Empresa ISDE _____	86
d.2.6.2. Descripción del Sistema de Telegestión Owlet de Schröder _____	87
e.- MATERIALES Y MÉTODOS _____	92
e.1. MATERIALES _____	92
e.2. MÉTODOS _____	93
e.2.1.-LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASE DEL ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO _____	93
e.2.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL SECTOR EN ESTUDIO _____	93
e.2.1.2. LEVANTAMIENTO CIVIL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO. _____	95
e.2.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES QUE INTEGRAN LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO _____	97
e.2.1.4. CÁLCULO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL SECTOR EN ESTUDIO _____	98
e.2.1.5. CARACTERIZACIÓN FOTOMÉTRICA DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO _____	99
e.2.1.5.1. Iluminancia en la Calzada _____	100
e.2.1.5.2. Iluminancia en Redondeles _____	103
e.2.1.5.3. Iluminancia en Aceras _____	104
e.2.1.5.4. Niveles de Iluminancia _____	105
e.2.1.6. CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ACTUAL _____	105
e.2.2. DISEÑO DE UN PLAN DE TELEGESTIÓN E ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED _____	107
e.2.2.1. Recopilación de información y datos técnicos de tecnología LED para Alumbrado Público _____	107
e.2.2.1.1. Condiciones que debe cumplir una luminaria LED para ser implementada en un sistema de alumbrado público. _____	107
e.2.2.1.2. Metodología para la selección de una Luminaria LED _____	108
e.2.2.2. Recopilación de información y datos técnicos de sistemas de Telegestión del Alumbrado Público _____	108
e.2.2.3. Selección de las luminarias con tecnología LED para el Alumbrado Público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado _____	110
e.2.2.3.1. Características de las luminarias seleccionadas para el presente estudio _____	112

e.2.2.4. Selección del método de telegestión adecuado que se pueda incorporar al sistema de iluminación con la luminaria LED seleccionada _____	115
e.2.2.4.1. Características del Sistema de Telegestión seleccionado para el presente estudio _____	118
e.2.2.5. Elaboración de un método de control del sistema de telegestión acoplado al de iluminación con LED. _____	123
e.2.3. PROCESO DE SIMULACIÓN DEL PLAN PILOTO DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED ____	124
e.2.4. ESTUDIO ECONÓMICO TÉCNICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED _____	133
f.- RESULTADOS _____	134
f.1. DEFECTOS DETECTADOS DEL ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PIO JARAMILLO ALVARADO _____	134
f.2. MEDICIONES Y CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS _____	135
f.2.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALZADA _____	135
f.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS REDONDELES _____	137
f.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ACERAS _____	138
f.3. RELACIÓN DE CONSUMO DEL ACTUAL SISTEMA VS. CONSUMO PROYECTADO ____	138
f.4. CALCULO DE INVERIÓN VS. AHORRO RESULTANTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO _____	140
f.5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN _____	143
f.6. RESULTADOS COMPARATIVOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. _____	145
f.8. BALANCE DE IMPACTO AMBIENTAL _____	146
g.- DISCUSIÓN _____	148
h.- CONCLUSIONES _____	150
i.- RECOMENDACIONES _____	151
j.- BIBLIOGRAFÍA _____	152
k.- ANEXOS _____	155

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO _____	155
ANEXO 2. MEDICIONES CIVILES EN LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO _____	160
ANEXO 3. MEDICIONES Y CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO ____	162
ANEXO 4. CALIFICACIÓN ENERGETICA DEL ACTUAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PÚBLICA	177
ANEXO 5. MEDICIONES DE ILUMINANCIA EN LOS REDONDELES _____	181
ANEXO 6. PROPUESTA ECONÓMICA DE TELEGESTIÓN DEL SISTEMA OWLET DE SCHRÉDER _____	183
ANEXO 7. PROPUESTA ECONÓMICA DE TELEGESTIÓN DE LA EMPRESA ISDE _____	184
ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS _____	185
ANEXO 9. MEMORÍA TÉCNICA RESULTANTE DE LA SIMULACIÓN EN DIALUX _____	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de Alumbrado Público _____	23
Figura 2.- Esfera Ulbricht _____	25
Figura 3.- Esquema de Rendimiento Luminoso _____	26
Figura 4. Intensidad Luminosa _____	27
Figura 5.- Ángulo sólido _____	27
Figura 6. Esquema de definición de Iluminancia. _____	28
Figura 7.- Luminancia de una superficie _____	29
Figura 8.- Espectro de radiación electromagnética _____	31
Figura 9.- Ejemplos de Temperatura de Color en Kelvin. _____	31
Figura 10.- Diagrama de Cromaticidad CIE _____	32
Figura 11.- Lámpara de Mercurio de Alta Presión. _____	34
Figura 12.- Lámpara de vapor de Sodio de baja presión _____	36
Figura 13.- Lámpara de vapor de Sodio de Alta Presión _____	38

Figura 14.- Lámpara de Halogenuros Metálicos _____	40
Figura 15.- Lámpara de Inducción Magnética _____	41
Figura 16.- Lámpara LED _____	43
Figura 17.- Disposición Unilateral _____	53
Figura 18.- Disposición Central doble (para $1,5\text{ m} \geq b \leq 4\text{ m}$) _____	54
Figura 19.- Disposición Bilateral alternada _____	54
Figura 20.- Disposición Bilateral opuesta _____	55
Figura 21.- Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b) _____	55
Figura 22.- Etiqueta de clasificación de Eficiencia Energética. _____	60
Figura 23.- Puntos de medida para la iluminancia _____	62
Figura 24.- Partición para aplicar el método de los 9 puntos _____	63
Figura 25. Puntos de cálculo para la iluminancia _____	65
Figura 26.- Retícula de cálculo y mediciones en glorietas _____	67
Figura 27.- Esquema de Prestaciones de la Telegestión _____	74
Figura 28.- Instalación de un módulo de control del Punto de Luz _____	76
Figura 29.- Interface de un Software de Telegestión del AP _____	81
Figura 30.- Estándares de comunicación inalámbrica _____	84
Figura 31.- Arquitectura del Sistema ISDE _____	87
Figura 32.- Arquitectura del Sistema Owlet _____	89
Figura33. Ortofoto de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado _____	95
Figura 34. Herramienta Measure para obtener distancias _____	96
Figura 35. Luxómetro Digital GOSSEN _____	100
Figura 36. Visualización ortofotográfica del Redondel “La Tebaida” _____	103
Figura 37. Puntos para medición de la iluminancia semicilíndrica. _____	104
Figura 38. Calificación energética del sistema utilizando el software de cálculo. _____	106
Figura 39. Luminaria Galaxy- GLX72-XD _____	113

Figura 40. Características de diseño de la GLX72-XD	114
Figura 41. Esquema de disipación de Calor en la GLX72-XD	114
Figura 42. Arquitectura del sistema de Telegestión Owlet	118
Figura 43. Control remoto con Tecnología Owlet	119
Figura 44. Emisión de flujo constante (CPO) sistema Owlet	120
Figura 45. Potencia virtual (PV) sistema Owlet	121
Figura 46. Emisión selectiva de flujo luminoso (SDLO) sistema Owlet	121
Figura 47. Elementos que integran el Sistema de Telegestión Owlet	122
Figura 48. Propuesta de Regulación de la Intensidad Luminosa del AP de la Avenida Pio Jaramillo A.	124
Figura 49. Menú de Inicio del DIALux	125
Figura 50. Asistente DIALux Street Light	126
Figura 51. Edición de perfil de la Vía Pública	127
Figura 52. Asistente para determinar la clase de iluminación.	128
Figura 53. Parámetros de Evaluación	128
Figura 54. Menú para importar fotometrías al software.	129
Figura 55. Selección de la luminaria requerida para el diseño.	130
Figura 56. Selección de Parámetros fijos y variables para diseño	131
Figura 57. Presentación de variables disponibles para el diseño.	131
Figura 58. Ventana para inicio de cálculo.	132
Figura 59. Visualización en 3D de Simulación del diseño.	132
Figura 60. Factor de Uniformidad Promedio Medido en las zonas de estudio	136
Figura 61. Iluminancia promedio medida en las zonas de estudio.	137
Figura 62. Renderizado 3D de la simulación del sistema de Iluminación.	144
Figura 63. Datos de Planificación para Simulación.	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios admitidos para la selección del tipo de vía. _____	47
Tabla 2. Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico. _____	48
Tabla 3. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas. _____	49
Tabla 4. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada. _____	50
Tabla 5. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal _____	50
Tabla 6. Niveles de referencia de iluminación media en servicio instalaciones de alumbrado vial funcional _____	53
Tabla 7. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional _____	58
Tabla 8. Valores de eficiencia energética de referencia _____	59
Tabla 9. Calificación energética de una instalación de alumbrado. _____	60
Tabla 10. Normas que se utilizan en el Alumbrado Público _____	70
Tabla 11. Aspectos Generales de la Avenida _____	94
Tabla 12. Recuento de Luminarias Sentido N-S _____	97
Tabla 13. Recuento de Luminarias Sentido S-N _____	97
Tabla 14. Recuento Total de Luminarias _____	98
Tabla 15. Calculo de Consumo de Energía del Sistema Actual _____	99
Tabla 16. Zonas de Estudio para Mediciones Fotométricas _____	101
Tabla 17. Selección de Puntos de Luz para mediciones Fotométricas. _____	101
Tabla 18. Empresas proveedoras de Tecnología LED en Ecuador. Marcas y Modelos ____	110
Tabla 19. Características de las Luminarias LED disponibles en el Mercado Nacional ____	111
Tabla 20. Características de las Luminarias LED Preseleccionadas _____	112

Tabla 20. Características de Iluminación y de consumo de la Luminaria Galaxy- GLX72-XD	113
Tabla 21. Especificaciones técnicas de la GLX72-XD	114
Tabla 22. Características de los Sistemas de Telegestión disponibles en el Mercado Nacional	116
Tabla 23. Diferencia entre telegestión Inalámbrica y Powerline	117
Tabla 24. Propuesta para regulación de Intensidad Luminosa del Sistema	123
Tabla 25. Detalle de estado de luminarias.	134
Tabla 26. Resultados de cálculos luminotécnicos obtenidos.	135
Tabla 27. Promedio general de cálculos luminotécnicos obtenidos.	136
Tabla 28. Resultados de mediciones luminotécnicas obtenidos en los redondeles.	137
Tabla 29. Recuento de mediciones de iluminancia semicilíndrica.	138
Tabla 30. Consumo del sistema proyectado de con luminarias LED	139
Tabla 31. Consumo del sistema proyectado de con luminarias LED + TELEGESTIÓN	139
Tabla 32. Ahorros energéticos proyectados.	140
Tabla 33. Ahorro energético comparativo resultante.	140
Tabla 34. Ahorro de mantenimiento comparativo resultante.	141
Tabla 35. Cálculo de Ahorro anual de funcionamiento.	142
Tabla 36. Cálculo de Ahorro de funcionamiento durante la vida útil del sistema.	142
Tabla 37. Plan de inversión y mantenimiento para un sistema de iluminación con VSAP	143
Tabla 38. Inversión vs. Ahorro.	143
Tabla 39. Datos requeridos para proceso de simulación.	144
Tabla 40. Tabla comparativa de calificación energética.	145
Tabla 41. Reducción de Emisiones de CO2	146
Tabla 42. Ahorro por tratamiento y reciclaje de lámparas de VSAP.	147

SIMBOLOGÍA

η = Rendimiento luminoso en lm/w

Φ = Flujo Luminoso en lm

P= Potencia en W

I= Intensidad Luminosa en la Dirección considerada, en Cd.

ω = Valor del ángulo Sólido, en Estereorradian (Sr).

E= Nivel medio de iluminación o Iluminancia, en lx.

S= Superficie Iluminada, en m².

L= Luminancia, en Cd/m².

β = ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador.

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (m². lux/W)

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux)

E_{min} corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.

E_{prom} Corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados,

E_{max} Corresponde al punto de mayor iluminancia calculado entre todos los puntos considerados.

ε_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum/W= m² lux/W);

f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

ICE= Índice de Consumo Energético

ε_R = Eficiencia energética de referencia

S o d= separación entre dos puntos de luz consecutivos (m)

X = puntos de medida de la iluminancia

A o a_a = ancho del área aplicable (m)

E_h = luminancia horizontal mantenida en el punto, en luxes. Indica la sumatoria de la contribución de todas las luminarias.

I (c, γ) = intensidad en cd/klm emitida por la luminaria en la dirección del punto; ángulo de incidencia de la luz en el punto.

H = altura de montaje en m de la luminaria.

N = Es el número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal

Wr = Es el ancho de la calzada o del área aplicable (m).

Factor de uniformidad de iluminancia

$$U_o = E_{\min} / E_{\text{prom}}$$

$$U_g = E_{\min} / E_{\max}$$

a.- TÍTULO

“Telegestión del alumbrado público con tecnología LED. Estudio piloto en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado de la Ciudad de Loja.”

b.- RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad el potenciar la eficiencia energética en los Sistemas de Iluminación pública mediante la proyección de un programa piloto de telegestión del alumbrado público con tecnología LED en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja. Inicialmente se establece un diagnóstico general del alumbrado público del sector en estudio para definir la situación actual del mismo e identificar potenciales métodos de ahorro eficiente. Posteriormente, mediante el estudio de todas las variables que integran un sistema de iluminación, se plantea una solución de Telegestión e iluminación LED, se realiza la simulación del recambio de tecnología y finalmente se efectúa una comparación técnica-económica entre el sistema de iluminación actual versus el proyectado.

El sistema de iluminación pública de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado está constituido actualmente por 183 luminarias de vapor de sodio de alta presión cuyo consumo de anual de energía es de 319.446,54 kWh. Mediante el diagnóstico inicial se determinó que en función de los parámetros luminotécnicos establecidos en la norma reguladora, el sistema no cumple con las variables de iluminancia y uniformidad tanto en la calzada como en redondeles, evidenciando una baja calidad en la prestación del servicio.

En este estudio se plantea la sustitución de todas las luminarias de sodio por luminarias LED, complementadas con la inclusión de un modelo de telegestión que regule el funcionamiento del sistema estudiado. Resultando la reducción en el consumo eléctrico a 105.162,05 kWh al año, equivalente a un ahorro aproximado del 67,08% y además una disminución significativa en costos de mantenimiento. Este recambio de tecnología se ve sustentado en la simulación mediante el software DiaLux en donde se determinó que con las luminarias seleccionadas se puede cumplir con las exigencias luminotécnicas requeridas y mejorando las condiciones actuales del sistema.

Los beneficios del sistema proyectado determinan una mejora en la calificación energética del sistema, que en promedio va desde la categoría C del sistema de iluminación actual a la categoría A en el sistema proyectado. Además se pronostica un impacto ambiental positivo, principalmente porque gracias a las alternativas planteadas se dejarían de emitir 62,14 toneladas de CO₂ al año.

SUMMARY

This thesis is aimed at enhancing energy efficiency in public lighting systems by projecting a pilot program of remote management of street lighting with LED technology on Pio Jaramillo Alvarado Avenue in the city of Loja. Initially a general analysis of public lighting is set in the area of study to define the current status of the zone, and identify the potential methods of efficiency savings. Subsequently, by studying all the variables that constitute a lighting system, a solution of remote management and LED lighting is set, a simulation of technology replacement is performed and finally a economic and technical comparison between the current lighting system and the projected system is made.

The public lighting system of the Avenida Pio Jaramillo Alvarado is currently composed of 183 luminaries high-pressure sodium whose annual consumption of energy is 319,446.54 kWh. Through the initial diagnosis was determined that depending on the lighting parameters established in the regulatory standard, the system does not meet with the variables of illuminance and uniformity in both the road surfaces, such as in roundels, evidencing a low quality in the provision of the service.

In this study raises the replacement of all the luminaires for sodium by LED luminaires, complemented by the inclusion of a model of remote control to regulate the functioning of the system studied. The resulting reduction in electrical consumption to 105,162.05 kWh per year, equivalent to a saving of approximately 67.08 % and in addition a significant decrease in maintenance costs. This replacement technology is based on the simulation using the DiaLux software in where it was determined that with the luminaires can be selected to meet the demands required lighting and improving the current conditions of the system.

The benefits of the planned system determine an improvement in the energy rating system, which on average goes from category C of the lighting system to the current category in the projected coordinate system. In addition it predicts a positive environmental impact, mainly because thanks to the alternatives raised would no longer be issuing 62.14 tonnes of CO₂ per year.

c.- INTRODUCCIÓN

Enmarcados en la realidad energética que atraviesa el país, con el auge de políticas y proyectos que buscan potenciar la matriz energética de éste; sostenida en planes de aprovechamiento de energías renovables y eficiencia energética, se genera el presente estudio de un proyecto piloto encaminado hacia la optimización del sistema de iluminación pública en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja.

Partiendo de la premisa que el alumbrado público es responsable del 6% del consumo de energía requerida a nivel Nacional, se plantea la elaboración de una metodología que conlleve a lograr una eficiencia energética real en la iluminación pública. Tal eficiencia energética únicamente se podrá lograr alcanzando una eficiencia económica, de servicio y técnica. Eficiencia económica con un modelo de costo eficiente e inversión inteligente, eficiencia de servicio garantizando la continuidad y calidad del mismo; y eficiencia técnica manteniendo los estándares de iluminación para vías de tránsito peatonal y vehicular.

Se ha considerado pertinente escoger como sector de estudio para este plan piloto a la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, por tratarse de una de las arterias viales más importantes de la ciudad de Loja y específicamente por su alto nivel de tráfico vehicular y peatonal, lo cual implica que las exigencias de iluminación son altas. Cabe destacar que el margen oriental de la avenida corresponde al sentido de circulación vehicular Sur-Norte y el margen occidental al sentido Norte-Sur.

Se plantea la idea de estudiar el impacto de la implementación de un sistema de telegestión del alumbrado público y el cambio de tecnología en iluminación, de las convencionales luminarias de descarga a las prestantes luminarias que utilizan diodos emisores de luz, más conocidas como luminarias LED (proveniente del acrónimo inglés Light-Emitting Diode).

El presente trabajo de tesis inicialmente considera una evaluación integral del sistema de iluminación pública de la Avenida Pío Jaramillo, se procede a realizar un levantamiento civil, eléctrico, luminotécnico y de eficiencia del modelo actual, con el objetivo de determinar el estado del mismo para luego trazar un plan de mejoramiento de la calidad del servicio llevado de la mano con un ahorro energético y de recursos.

Seguidamente se procede con la identificación de las mejores opciones tanto de iluminación LED como de telegestión disponibles en el mercado nacional, se elabora un estudio económico y técnico, y se determina que elementos se va a utilizar en el diseño del sistema piloto proyectado. Considerando ya los elementos que integrarían el sistema de iluminación telegestionado, se procede a elaborar un plan de dimerización de la iluminación basado en el flujo vehicular y peatonal de la avenida. Se calcula el ahorro total de energía y se procede con la simulación del nuevo sistema de iluminación con luminarias LED.

Los resultados obtenidos son los que nos llevarán a determinar las fortalezas y debilidades del nuevo sistema proyectado y la factibilidad o no de su implementación en un futuro cercano.

Para el presente proyecto de tesis fue planteado el siguiente objetivo general:

- Realizar el estudio para la implementación de un plan piloto de Telegestión del Alumbrado Público con tecnología LED en la avenida Pío Jaramillo Alvarado; tomando en cuenta las normativas vigentes.

Conjuntamente con los siguientes objetivos específicos:

- Efectuar el levantamiento de la información base del actual sistema de alumbrado público en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado.
- Diseñar un plan de Telegestión e iluminación con tecnología LED para el sistema de alumbrado público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, en función de sus requerimientos de iluminación.
- Simular el recambio del actual sistema de alumbrado público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado por el nuevo sistema de Telegestión de iluminación exterior con tecnología LED.
- Elaborar una valoración económico-técnica de la implementación del sistema de Telegestión del Alumbrado Público con Tecnología LED como plan piloto en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, comparada con el sistema instalado actualmente.

d.- REVISIÓN DE LITERATURA

d.1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL ALUMBRADO PÚBLICO

La principal función del alumbrado público es permitir el tráfico en horas de la noche o en áreas oscuras (túneles) con niveles aceptables de seguridad y confort, para conductores y peatones. Históricamente, los aspectos que han aumentado la funcionalidad del alumbrado público son: prevención del crimen, mejora en la economía de las ciudades gracias a su estética, facilidad en la orientación para peatones y conductores, seguridad en el tráfico, y seguridad social de los peatones y residentes. Las funciones del alumbrado público suelen estar definidas con base en los siguientes aspectos:

- Ubicación (urbano o rural)
- Sector (industrial, residencial, comercial)
- Función de la red (flujo, acceso, local)
- Infraestructura (doble carril, un solo carril)



Figura 1. Sistema de Alumbrado Público

Fuente: Ecolight Corp

Los principales criterios para evaluar la calidad de un proyecto de iluminación de vías para automotores son:

1. Luminancia promedio de la superficie de la vía
2. Grado de deslumbramiento

3. Uniformidad del patrón de luminancia
4. Guías ópticas y visuales

Los sistemas de alumbrado público deben atender a los siguientes requisitos:

Requisitos del Sistema Eléctrico

- Alto Factor de Potencia
- Sistemas de Alta Eficiencia
- Buen Sistema de Protección
- Regulación de Corriente

Requisitos Ópticos

- Temperatura de Color apropiada
- Ausencia de deslumbramiento
- Ausencia del efecto estroboscópico
- Iluminar un área específica (Acuña Roncancio, 2011)

d.1.1. LUMINOTECNIA

Es necesario estudiar los conceptos básicos de la luminotecnia para conocer y entender los fenómenos que trata y aplicarlos en los elementos de alumbrado que iremos estudiando.

La luminotecnia es la ciencia que estudia las formas de producción de luz, así como su control y aplicación.

d.1.1.1. MAGNITUDES FUNDAMENTALES

Para que exista iluminación, es preciso contar con una fuente productora de luz, un objeto que iluminar y un observador. Será necesario conocer y definir las magnitudes siguientes:

- Flujo luminoso.

- Rendimiento luminoso.
- Intensidad luminosa.
- Nivel de iluminación o iluminancia.
- Luminancia.

d.1.1.1.1. Flujo Luminoso

Es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones durante un segundo. Se representa por la letra griega fi (ϕ). Su unidad es el lumen (Lm). El flujo luminoso también puede definirse como potencia luminosa.

La medida del flujo luminoso de fuentes de luz artificiales se realiza dentro de una esfera blanca de difusión perfecta, llamada esfera Ulbricht.

Este equipo mide la cantidad total de lúmenes emitidos por la fuente de luz probada en comparación con una lámpara calibrada.



Figura 2.- Esfera Ulbricht

Fuente: (Schröder Group)

d.1.1.1.2. Rendimiento Luminoso

Cuando encendemos una lámpara, no toda la energía transformada es aprovechada para la producción de luz visible, ya que gran parte se pierde en calor y en radiaciones no

visibles. Si partimos de la base de que la lámpara está consumiendo una energía para producir un flujo luminoso.

Se denominará rendimiento o eficacia luminosa al flujo que emite una fuente luminosa por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

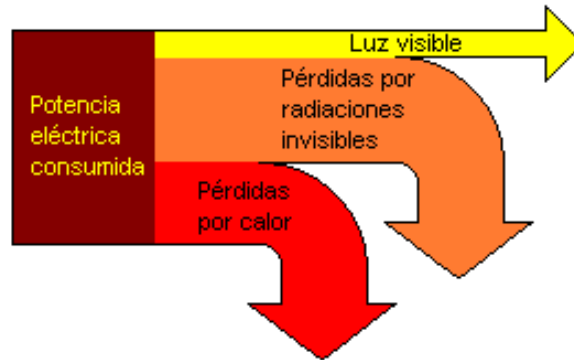


Figura 3.- Esquema de Rendimiento Luminoso

Fuente: (Marrufó González, y otros, 2010)

El rendimiento se representa por la letra griega eta (η) y su unidad es el lumen/vatio (Lm/W). La expresión del rendimiento luminoso viene dado por la fórmula:

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

η = Rendimiento luminoso en lm/w

ϕ = Flujo Luminoso en lm

P = Potencia en W

d.1.1.1.3. Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa es la cantidad de luz emitida o radiada por una fuente luminosa durante un segundo, en una dirección dada y para un ángulo sólido de valor un estereorradián (Sr).

Se representa por la letra I. Su unidad es la candela (Cd).

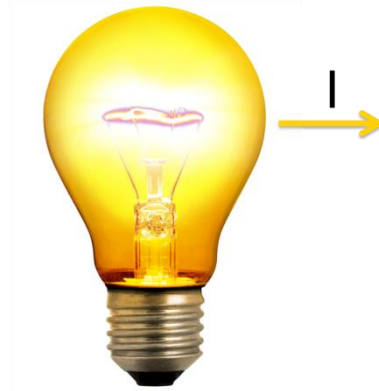


Figura 4. Intensidad Luminosa

Fuente: (Marrufo González, y otros, 2010)

Un ángulo sólido se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera (véase la Figura 5). Si el radio r vale 1 m y la superficie S de la base del cono es de 1 m^2 , el ángulo sólido vale un estereorradián (1 Sr).

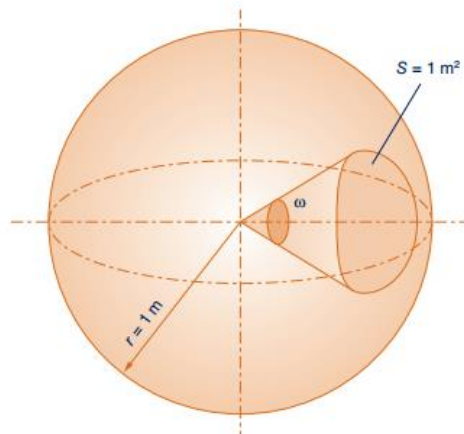


Figura 5.- Ángulo sólido

Fuente: (Marrufo González, y otros, 2010)

La intensidad luminosa de una fuente se calcula mediante la expresión:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \rightarrow 1Cd = \frac{1Lm}{1Sr} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

I= Intensidad Luminosa en la Dirección considerada, en Cd.

ω = Valor del ángulo Sólido, en Sr

d.1.1.1.4. Nivel de Iluminación o Iluminancia (LUX)

El nivel de iluminación es la cantidad de luz que incide sobre la unidad de superficie. Se representa por la letra E. Su unidad es el lux (lx), que equivale a la iluminación de una superficie de 1 m² cuando incide sobre ella un flujo luminoso, uniformemente repartido, de 1 Lm. El luxómetro es el aparato que usamos para medir el nivel de iluminación, que se calcula mediante la expresión:

$$E = \frac{\phi}{S} \rightarrow 1lx = \frac{1lm}{1m^2} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

E= Nivel medio de iluminación, en lx.

S= Superficie a Iluminar, en m².

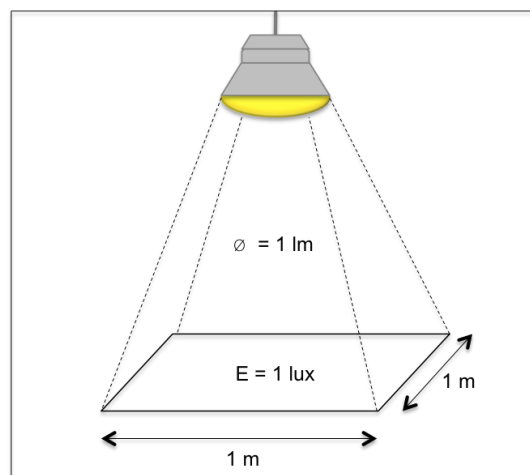


Figura 6. Esquema de definición de Iluminancia.

Fuente: (Marrufó González, y otros, 2010)

d.1.1.1.5. Luminancia

Es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz, tal como son observados por el ojo humano. En realidad se trata de la verdadera medida de la sensación de iluminación de un objeto. Si tenemos dos objetos igualmente iluminados, veremos con mayor claridad el que mayor luminancia tenga.

La luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria (la que emite luz o la que la refleja).

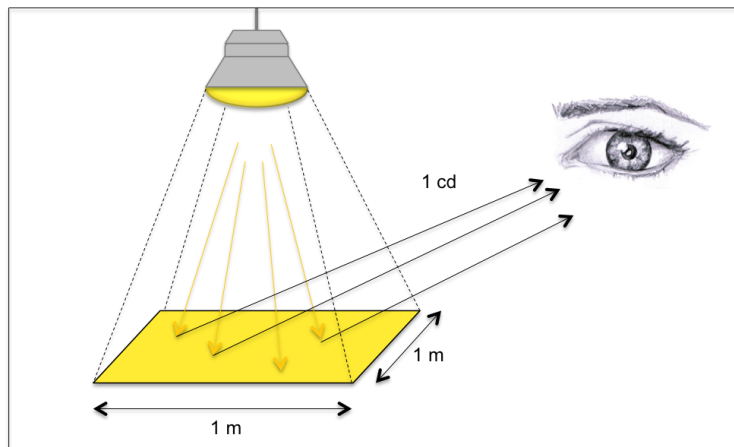


Figura 7.- Luminancia de una superficie

Fuente: (Marrufo González, y otros, 2010)

Se representa por la letra L . Su unidad es la candela/m² (Cd/m²) y un submúltiplo, la candela/cm² (Cd/cm²). La luminancia viene dada por la expresión:

$$L = \frac{I}{S \times \cos\beta} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

L = Luminancia, en Cd/m².

I = Intensidad Luminosa, en Cd.

S = Superficie Iluminada, en m².

β = ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador.

d.1.1.2. EL COLOR Y LA LUZ

El color no es una cualidad de los cuerpos, ya que no se genera en ellos como tal, sino que es una interpretación que el cerebro realiza de las radiaciones electromagnéticas que el ojo es capaz de percibir.

Los cuerpos no generan radiaciones electromagnéticas, sino que reflejan, transmiten o absorben parte o todas las que inciden sobre ellos. Por ejemplo: si un cuerpo absorbe todas las radiaciones, excepto las correspondientes al color verde, que son reflejadas, lo veremos de color verde. Si refleja todas las radiaciones que inciden sobre él, se verá de color blanco. Y si, por el contrario, las absorbe todas, se verá de color negro. (Marrufo González, y otros, 2010)

d.1.1.2.1. Luz Visible

La luz visible puede definirse como cualquier radiación capaz de actuar sobre la retina del ojo humano y que causa una sensación visual.

Cada simple radiación se diferencia de otras por su frecuencia, es decir su longitud de onda.

La representación de una radiación por su longitud de onda es generalmente aceptada, porque la longitud de onda puede ser medida con gran precisión.

La representación gráfica de un espectro de radiación electromagnética también se basa en longitudes de onda.

La parte visible del espectro abarca el rango relativamente estrecho de entre 380 nm y 780 nm.

Estos límites representan promedios obtenidos experimentalmente, porque, en realidad, pueden variar de un individuo a otro. (Schröder Group)

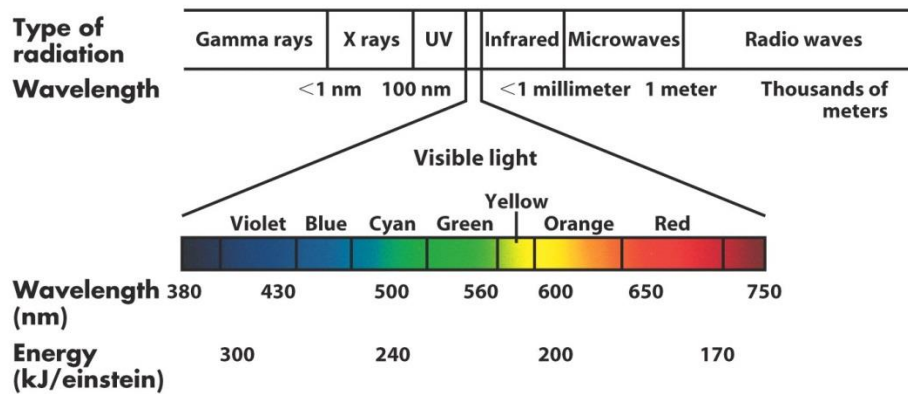


Figura 8.- Espectro de radiación electromagnética

Fuente: (Schröder Group)

d.1.1.2.2. TEMPERATURA DE COLOR

Una forma de describir una fuente luminosa es indicar qué temperatura de color tiene. Así, por ejemplo, si indicamos que cierta lámpara tiene una temperatura de color de 5000 °K, queremos decir que emite el mismo tono de luz que emitiría un cuerpo negro calentado a esa temperatura. Como se ve, se expresa en grados Kelvin (°K) y da información sobre las tonalidades de la luz.



Figura 9.- Ejemplos de Temperatura de Color en Kelvin.

Fuente: LedBox.es

Si nos fijamos en la propia naturaleza, la luz diurna pasa por una gama infinita de tonalidades a lo largo del día: los fríos rayos luminosos del amanecer, la luz brillante del mediodía, el cálido resplandor de la puesta de sol, etc.

Podemos entender por temperatura de color, la apariencia del color de la propia luz.

Temperaturas de color inferiores a 3300 °K dan una apariencia de color cálido, mientras que por encima de 5000 °K, se produce una sensación de luz fría.

Una especificación del aspecto de color de una fuente de luz, relacionando el color con una fuente de referencia (radiador Planckiano) calentado a una temperatura especial, medida en Kelvin.

El diagrama de cromaticidad CIE muestra la evolución de este radiador Plankiano (también llamado radiador de cuerpo negro) a través de los diferentes colores del diagrama.

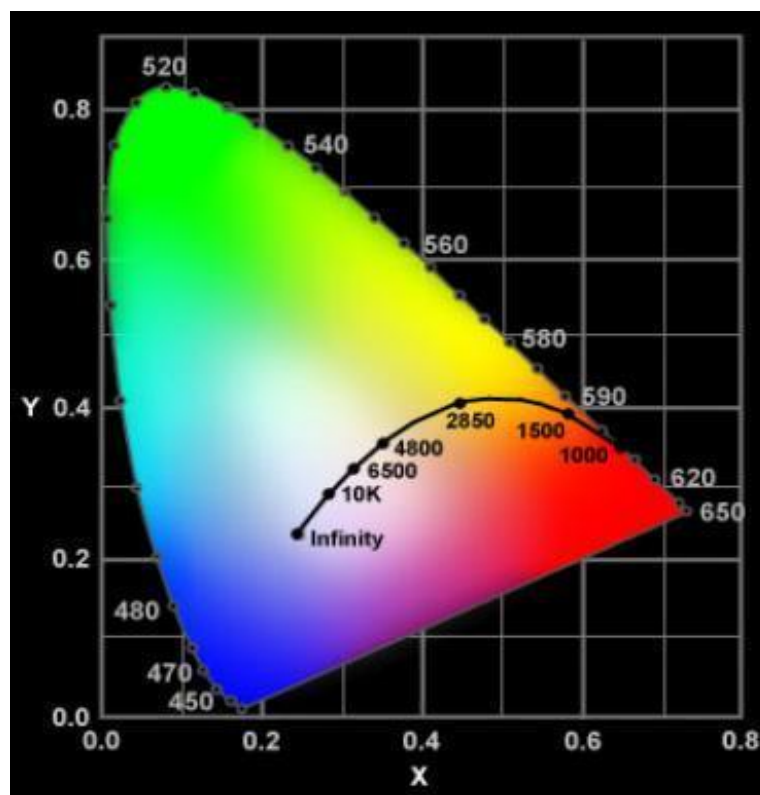


Figura 10.- Diagrama de Cromaticidad CIE

Fuente: (Schröder Group)

d.1.1.2.3. ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

El índice de reproducción cromática es la capacidad que presenta una fuente luminosa de permitir una buena apreciación de los colores sobre el objeto iluminado. Se representa por Ra.

La reproducción cromática está relacionada con el modo en que aparecen los objetos bajo una fuente de luz dada. La medida se llama "índice de reproducción cromática" o CRI.

Un CRI bajo indica que los objetos pueden parecer poco naturales bajo la fuente, mientras que una luz con un índice CRI alto permitirá que los colores de un objeto parezcan más naturales.

El valor máximo del CRI de una fuente es igual a 100. Cuanto más alto el valor, mejor es la reproducción cromática.

Las fuentes de luz que proporcionan un CRI de más de 80 son consideradas excelentes para el reconocimiento del color. (Marrufo González, y otros, 2010)

d.1.2. TIPOS DE FUENTES DE LUZ

En la actualidad existen muchos tipos de lámparas o luminarias, cada uno de ellos con sus propias características.

Se pueden clasificar las lámparas de mayor uso en iluminación pública a las siguientes:

- Lámparas de Descarga
 - Vapor de mercurio o alta presión
 - Haluros metálicos
 - Sodio a baja presión
 - Sodio a alta presión
- Lámparas de Inducción.
- LEDs

d.1.2.1. Lámparas de vapor Mercurio de alta presión:

La producción de la luz en este tipo de lámparas se basa en el principio de la luminiscencia obtenida por la descarga eléctrica en el seno de mercurio gasificado. La

parte fundamental de la lámpara de mercurio la constituye la ampolla de vidrio interior en la que se produce la descarga.

Esta ampolla es de vidrio de cuarzo para soportar las altas temperaturas que se producen en su interior. Fundidos en cada extremo contiene dos electrodos de wolframio, un principal impregnado de material emisor de electrones y otro auxiliar de encendido, conectado a través de una resistencia óhmica de alto valor y también contiene unos miligramos de mercurio puro y gas argón para facilitar la descarga.



Figura 11.- Lámpara de Mercurio de Alta Presión.

Fuente: (Comité Español de Iluminación, 2001)

La ampolla exterior, de forma elipsoidal y vidrio resistente a los cambios bruscos de temperatura, sirve de soporte al tubo de descarga, proporcionándole un aislamiento térmico, a la vez que evita la oxidación atmosférica de las partes metálicas.

Interiormente está cubierto de una sustancia fluorescente que, activada por las radiaciones ultravioletas del arco de mercurio, emite radiaciones rojas, las cuales se suman al espectro del mercurio falto de ellas, completándolo, es decir, corrigiendo el color de luz.

El espacio comprendido entre el tubo de descarga y la ampolla exterior está relleno de un gas neutro a presión inferior a la atmósfera, para evitar la formación de arco entre las partes metálicas en el interior de la ampolla.

Al conectar la lámpara a la red, a través de la reactancia o balasto, se produce una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar de encendido. Esta descarga ioniza el

argón haciéndolo conductor, a la vez que disminuye la resistencia eléctrica del espacio comprendido entre los dos electrodos principales, hasta un valor que permita que se establezca una descarga eléctrica entre ellos, en ese momento la corriente que circula a través de la resistencia de encendido es prácticamente nula. El calor generado por esta descarga vaporiza el mercurio como conductor principal de la descarga.

Los valores nominales de las lámparas no se obtienen hasta pasados cuatro o cinco minutos de haber sido conectada a la red. Una vez apagada la lámpara no puede encenderse hasta pasado un tiempo de enfriamiento muy similar al encendido.

Ventajas:

- Su elevada eficiencia luminosa, oscila en 45 y 65 lm/W.
- Tienen un bajo consumo eléctrico.
- Su larga vida útil, es de 10.000 a 12.000 horas.
- Apariencia del color: blanco y una temperatura de color de 3.800 °K.

Inconvenientes:

- Necesita de unos equipos auxiliares.
- Balasto, condensador
- Se puede regular la intensidad de la luz, pero necesita de un equipo especial.
- No tiene un encendido inmediato.

Aplicaciones:

- Su empleo está principalmente indicado para alumbrado público, para alumbrado exterior e interior de industrias.

d.1.2.2. Lámparas de vapor de Sodio de baja presión:

Están constituidas principalmente por un tubo de vidrio en forma de U, en el cual se realiza la descarga.

Este tubo se encuentra alojado dentro de una ampolla tubular también de vidrio, que le sirve de protección mecánica y térmica, reforzada esta última por el vacío que se hace

del espacio interior entre el tubo y la ampolla. Como el sodio ataca el vidrio ordinario la pared interna del tubo de descarga se protege con una fina capa de vidrio al bórax.



Figura 12.- Lámpara de vapor de Sodio de baja presión

Fuente: (Comité Español de Iluminación, 2001)

En las actuales lámpara de vapor de sodio de baja presión se ha incluido en la pared interna de la ampolla exterior una delgada capa de óxido de estaño o de óxido de indio, la cual refleja más del 90% de las radiaciones infrarrojas emitidas por el tubo de descarga, lo que ha permitido reducir la energía en la generación de las correspondientes radiaciones de dicho vapor.

En los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos formados por un filamento de wolframio en espiral doble o triple, entre ellos se deposita un material emisor de electrones (generalmente óxido de torio o de tierras raras).

El interior del tubo contiene además un gas noble, generalmente neón, que favorece el encendido de la lámpara, y unas gotas de sodio que se depositan de forma regular, una vez condensado después de la descarga, en unas pequeñas cavidades existentes en la periferia del tubo.

Como la tensión de encendido de la lámpara es de 480 y 660 v, según los tipos, por lo tanto se necesita de un aparato de alimentación con autotransformador que eleve la tensión de la red al valor necesario para el encendido.

Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del gas de neón que rellena el tubo, emitiendo una luz rojiza característica de este gas. El calor generado por el paso de la corriente en el tubo de descarga vaporiza al sodio progresivamente hasta convertirlo en el soporte principal de la descarga.

En el periodo de arranque, el color de la luz emitida por la descarga va variando paulatinamente del color rojo al amarillo. El flujo luminoso al principio es muy débil y aumenta lentamente; solamente cuando la descarga se hace a través del vapor de sodio, comienza un rápido incremento del mismo. Transcurriendo aproximadamente un tiempo de diez minutos, la lámpara alcanza el 80% de sus valores nominales, finalizando el periodo de arranque en unos quince minutos.

Apariencia del color: amarillo y a una temperatura de color a 1.800 °K.

Ventajas:

- Eficiencia luminosa: es muy elevada, entre 100 y 180 Lm/W.
- Son lámparas muy estables, manteniendo el flujo luminoso a lo largo de su vida.
- La vida útil está entre 8.000 a 10.000 horas.

Inconvenientes:

- Como la tensión de encendido de la lámpara es de 480 y 660 v, según los tipos, por lo tanto se necesita de un aparato de alimentación con autotransformador que eleve la tensión de la red al valor necesario para el encendido.
- Transcurrido un tiempo de diez minutos, la lámpara alcanza el 80% de sus valores nominales.

Aplicaciones:

- Debido a su luz monocromática, sus aplicaciones son muy reducidas, siendo aplicables para los alumbrados de autopistas, carreteras, muelles de carga y descarga, minas etc.
- También se aplican en el alumbrado arquitectónico para resaltar los colores tostados de ciertos tipos de piedra.
- Distorsión de colores.

d.1.2.3. Lámparas de vapor de Sodio de alta presión:

Con el fin de mejorar el tono de luz y de esta forma la reproducción cromática de las lámparas de vapor de sodio a baja presión, se desarrollaron las lámparas de vapor de sodio a alta presión que, conservando un alto rendimiento luminoso, su presión de vapor

más elevada deja destacar el espectro de otros vapores, obteniendo de esta forma un espectro con cierta continuidad, de cuya composición resulta una luz de color blanco dorado que permite distinguir todos los colores de la radiación visible.

En el interior de una ampolla de vidrio duro, coincidente con su eje longitudinal, se encuentra alojado el tubo de descarga del sodio material se compone de cerámica de óxido de aluminio muy resistente al calor (para temperaturas de aproximadamente 1.000 °C) y a las reacciones química con el vapor de sodio, poseyendo a la vez una transmisión de la luz en la zona visible de más del 90%. En el interior de este tubo se encuentran los componentes sodio, mercurio y un gas noble (xenón o argón), de los que el sodio es el principal productor de luz.

El mercurio evaporado reduce la conducción del calor de arco de descarga medio a la pared del tubo y aumenta la tensión del arco, consiguiéndose con ello mayores potencias en tubos de descarga de menor tamaño.

El gas noble se agrega con el fin de obtener un encendido seguro de la lámpara con bajas temperaturas ambiente tanto en interiores como en exteriores. En ambos terminales del tubo se encuentran dos tapones que sirven para cerrar herméticamente el tubo y como soporte a los electrodos en forma de espiral.

Al igual que en la lámparas de halogenuros metálicos, y debido a la alta presión a la que se encuentra el gas para el encendido de las lámparas de vapor de sodio a alta presión, es preciso aplicar altas tensiones de choque del orden de 2,8 a 5 KV, proporcionadas por un aparato de encendido en conexión con el correspondiente balasto y con la lámpara.



Figura 13.- Lámpara de vapor de Sodio de Alta Presión

Fuente: (Comité Español de Iluminación, 2001)

El período de arranque con la lámpara fría dura de tres a cuatro minutos, reencendiendo en caliente después de un minuto. Tiene una apariencia de color de luz amarillenta y una temperatura de color de 2.000 °K.

Ventajas:

- Alto rendimiento lumínico, entre 80 y 130 lm/W.
- Vida útil está entre 8.000 a 16.000 horas.

Inconvenientes:

- Bajo índice de reproducción cromático.
- Necesitan de equipos auxiliares para el arranque.
- Para el encendido se requiere alrededor de 4-5 min. y para el reencendido en caliente después de un minuto.
- Para el encendido de las lámparas, es preciso aplicar altas tensiones de choque del orden de 2.8 a 5 KV.

Aplicaciones:

- En Alumbrado público en grandes áreas, donde la reproducción de los colores no sea un factor importante.

d.1.2.4. Lámparas de Halogenuros Metálicos:

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión a las que se les ha añadido ioduros metálicos, consiguiendo con ello rendimientos luminosos superiores y mejores propiedades de reproducción cromática que con lámparas de vapor de mercurio convencionales.

La constitución y el funcionamiento de este tipo de lámpara es parecido a las de vapor de mercurio a alta presión.



Figura 14.- Lámpara de Halogenuros Metálicos

Fuente: (Comité Español de Iluminación, 2001)

El tiempo de arranque es de unos 3 a 8 minutos y el de enfriamiento, unos 5 minutos. Algunos modelos permiten un encendido inmediato con lámparas en caliente (inmediatamente después de apagar), empleando para ello tensiones de choque del orden de 35 a 60 KV.

Ventajas:

- Vida útil esta entre 10.000 a 12.000 h.
- Elevada eficiencia lumínica, 95 Lm/W. y su luz es de color blanco y una temperatura de color entre 4.800 y 6.500 °K.
- Buena reproducción cromática.

Inconvenientes:

- Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, llamado equipo de descarga.
- Tiene un período de encendido de unos 3-8 min, y el de enfriamiento unos 5 minutos.
- Algunos modelos permiten un encendido inmediato con lámparas en caliente, empleando para ello tensiones de choque del orden de 35 a 60 KV.

- No son regulables.

Aplicaciones:

- Se aplica en alumbrado Industrial, estadios deportivos, estudios de cine, parques, jardines, monumentos, retransmisiones de televisión, hotelería, centros comerciales. (Moreno Gil, y otros, 2010)

d.1.2.5. Lámparas de Inducción Magnética

La Lámpara de Inducción Electromagnética “sin electrodos” (IEM) es un nuevo concepto de muy alta tecnología para el ahorro energético en la iluminación, basado en el principio de gas de descarga de las lámparas fluorescentes y en el principio de la inducción electromagnética de alta frecuencia.

Se denomina como "la lámpara sin electrodos" (electrodless), ya que no tiene filamentos ni electrodos como el común de las lámparas. El filamento de incandescencia o el electrodo es el elemento fundamental para fuentes comunes de luz y la vida útil de estas depende de la vida útil del filamento de incandescencia o de los electrodos utilizados. La vida útil de la lámpara de IEM (sin electrodos) es ilimitada por no existir elementos que se desgasten, por lo que la vida útil puede prolongarse de manera indefinida. La vida útil de las lámparas de IEM es sólo determinada por el nivel de calidad, el diseño de los circuitos y demás componentes electrónicos. (GesCom)



Figura 15.- Lámpara de Inducción Magnética

Fuente: (Comité Español de Iluminación, 2001)

Ventajas y Características:

- Debido a sus características únicas, las lámparas de inducción magnética alcanzan una vida útil de 100.000 horas, es decir, 100 veces más que una lámpara tradicional (incandescente) y el doble de una luminaria LED. 100.000 horas pueden traducirse en 22 años de operación, si se encienden 12 horas al día.
- Consumen entre un 40% y un 60% menos energía que un sistema iluminación tradicional y las emisiones nocivas al ambiente se reducen en una cifra similar.
- Eliminan el zumbido característico y molesto de las luces fluorescentes tradicionales.
- Los componentes utilizados son 100% reciclables, excepto el mercurio que contienen. Pero como éste se presenta en forma de amalgama y no en forma líquida o gaseosa, es mucho más fácil y seguro de manipular.
- Pueden ser utilizadas en ambientes cálidos y fríos.
- No parpadean, como los focos fluorescentes típicos.
- Se encienden en seguida, no necesitan calentarse. Pueden reencenderse de inmediato, lo que no ocurre en el caso del haluro metálico.
- Tienen un índice de rendimiento de color mucho mejor, con un CRI de 85.
- La depreciación de la luz es mucho menor en comparación con la tasa de depreciación en un haluro metálico.
- Rinden más de 85 lúmenes por watt. (www.induccionmagnetica.cl)

d.1.2.6. LEDS

Los Leds son componentes eléctricos semiconductores (diodos) que son capaces de emitir luz al ser atravesados por una corriente. Las siglas LED provienen del acrónimo en inglés —Light Emitting Diode. Son componentes que dependiendo de la combinación de los elementos químicos pueden producir un amplio rango de longitudes resultando diferentes colores, tales como rojos, verdes, azules etc. Su tamaño es muy reducido y su vida útil larga, por lo que no se necesita recambiarlos. (Moreno Gil, y otros, 2010)



Figura 16.- Lámpara LED

Fuente: Uso eficiente de la energía eléctrica en el sector de iluminación pública (Muñoz V.)

Ventajas:

1. Pequeñas dimensiones, que permiten una gran flexibilidad y simplicidad de diseño.
2. Alta eficacia de color. Los LED son fuentes de luz monocromática, es decir, emiten luz directamente en un solo color, evita pérdidas de flujo luminoso al pasar la luz generada a través de filtros.
3. Luz direccionable, dependiendo del tipo de LED y la óptica incorporada. Es una fuente de luz que permite un control preciso del haz de luz y conseguir efectos luminosos espectaculares de forma sencilla.
4. Sin radiación ultravioleta e infrarroja, con lo que en algunas aplicaciones se evita el deterioro de los materiales o elementos iluminados.
5. Vida extremadamente larga, hasta las 50.000 horas vida útil dependiendo del sistema y la disipación térmica de la solución LED.
6. Alta resistencia a golpes y a vibraciones, ya que los LED son fuentes de luz sólidas que carecen de filamentos o tubos de descarga, confiriendo una alta fiabilidad a las instalaciones de iluminación.
7. Bajo consumo en aplicación. Las soluciones LED necesitan menos potencia instalada en comparación con la necesaria para conseguir el mismo efecto con fuentes de luz tradicionales. Actualmente los LED son fuentes de luz con una eficacia luminosa media real de 100 lúmenes por cada vatio consumido.
8. Fácilmente regulables. Con las unidades de control adecuadas, los LED permiten su regulación y control de forma sencilla sin verse comprometida su vida, inclusive en cuanto al número de apagados y encendidos como pasa con

otras fuentes de luz tradicionales. (Comite Español de Iluminación, 2010)
(Canorea García, 2010)

9. Sello verde de la Protección del Medio Ambiente - Estas lámparas LED no contienen plomo, mercurio, haluro y ningún contaminante que dañe el Medio Ambiente.
10. Voltaje de entrada universal - 85-264vac
11. Encendido y apagado instantáneo. (Muñoz V.)

Inconvenientes:

- Su mayor enemigo son las altas temperaturas, a partir de 65° la mayoría de los LED se estropean. No solo debemos vigilar el LED si no la electrónica que lleva asociada, que suele romperse antes que el LED.
- Requieren una elevada disipación térmica, si bien generan menos calor que las convencionales, el que genera es muy importante disiparlo, para ello es vital que los disipadores sean de aluminio y con mucha superficie de disipación. Nos garantizará mayor tiempo de vida de la lámpara. (Alromar Energías del Futuro)
- El precio en comparación con las convencionales es bastante elevado. Las lámparas LED se encuentran alrededor de doce veces el costo de la bombilla halógena y de tres veces el costo de un equivalente de una lámpara fluorescente compacta (CFL), pero el precio de las lámparas LED se espera que continúe su rápido descenso y el rendimiento por el contrario que siga mejorando. Como consecuencia de ello, las fuentes de luz LED se proyectan a ser cada vez más competitivas en base al costo inicial.

Aconsejable para:

Joyerías, efectos de color, señalización, decoración, sitios de difícil acceso para su mantenimiento y sitios mecánicamente agresivos. Y hoy en día en alumbrado público. (Moreno Gil, y otros, 2010)

d.1.2.10 Equipos auxiliares para el Encendido de las Lámparas

Todos los tipos de lámparas descritos basan su funcionamiento en la descarga eléctrica a través de un gas. Por las características de este fenómeno, no pueden funcionar con una simple conexión a la red eléctrica y necesitan unos equipos auxiliares compuestos por los siguientes elementos.

Balasto

Elemento estabilizador que contrarresta la tendencia al crecimiento de la intensidad consumida por la lámpara. Habitualmente, se utiliza como estabilizador una inductancia, por lo que este elemento es normalmente conocido con el nombre de reactancia.

Las características principales a considerar son:

- Tensión e intensidad suministradas que deben concordar con las exigidas por la lámpara, tanto en el funcionamiento normal como en los periodos de arranque y reencendido. En caso contrario el funcionamiento resultará inestable, el flujo lumínico inferior al nominal y reducirá la vida de la lámpara.
- Aislamiento entre devanado, núcleo y cubierta exterior, como garantía de duración del balasto.
- Pérdidas, consumo propio del balasto que debe de ser lo más reducido posible tanto por economía energética, como por su influencia en la temperatura de funcionamiento.
- Resistencia al calentamiento para alargar la vida del componente.

Condensador

Elemento destinado a corregir el bajo factor de potencia propio del circuito formado por las lámparas y el balasto inductivo, evitando la sobrecarga de las redes y el consumo de energía reactiva.

Las características más importantes a considerar son:

- La tensión nominal debe ser inferior a la de la red a la que estará conectado.
- La capacidad debe corresponder a la exigida por la lámpara.

- Debe haber un aislamiento adecuado y no llegar a un calentamiento que reduzca la vida del condensador.

Arrancador

También llamado cebador o ignitor. Su función es generar los impulsos de tensión necesarios para el encendido de la lámpara (en las lámparas de vapor de mercurio no es necesario este elemento, ya que la tensión suministrada por el balasto es suficiente para el encendido).

Las características más importantes son:

- Tensión de choque comprendida entre los límites inferior y superior que admite la lámpara.
- Amplitud de impulso correspondiente a la exigida por la lámpara.
- Resistencia al calentamiento para alargar la vida del componente.

Balasto electrónico

A 50/60 Hz, la descarga va a perder muchos electrones e iones, a causa de la desionización en cada inversión de corriente. La descarga debe ser reiniciada periódicamente. Es completamente diferente con la corriente de alta frecuencia (por encima de 10 Hz). En este caso, una carga eléctrica suficiente queda disponible durante la inversión de la corriente. Ello significa que no se requieren suplementos de potencia para el reencendido de la descarga, lo que aumenta un 10 % el flujo luminoso.

Los circuitos electrónicos de alta frecuencia mejoran las prestaciones en los siguientes aspectos:

- Arranque sin parpadeo en menos de un segundo
- Funcionamiento sin parpadeo del cátodo
- Cebado en caliente prolonga la duración de vida de la lámpara y minimiza el ennegrecimiento de los electrodos
- Posibilidad de eliminar los efectos estroboscópicos (Serret Alcaide, 2007)

d.1.3. NORMATIVAS DEL ALUMBRADO PÚBLICO

d.1.3.1. Alumbrado Vial

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control del tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

En función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios así como aspectos medio ambientales de las vías.

d.1.3.1.1. Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado

El criterio principal de clasificación de las vías es la velocidad de circulación, según se establece en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios admitidos para la selección del tipo de vía.

Clase de iluminación	Descripción de la vía	Velocidad de circulación (Km/h)		Tránsito de Vehículos	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	$V > 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	$60 < V < 80$	Importante	$500 < T < 1000$
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
M5	Vías secundaria	Muy Reducida	Al Paso	Muy Reducida	$T < 100$

Fuente: (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012) basada en la norma CIE 115-1995

Mediante otros criterios, tales como el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen subgrupos dentro de la clasificación anterior.

Las recomendaciones dadas en la publicación CIE 115-1995 establecen cinco tipos de iluminación, su selección dependerá de la función de la vía, densidad de tráfico, complejidad, separación entre carriles y existencia de medios para el control del tránsito (semáforos, señalización).

En las tablas 2 y 3 se definen las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto correspondientes a la clasificación de vías anteriores. Para el caso particular de esta investigación se utilizarán las tablas para clases de alumbrado para alumbrado vial y peatonal.

Tabla 2. Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico.

Descripción de vías	Clases de Alumbrado
<p>Vías de alta velocidad con carriles separados, libres de cruces en proporción y con un completo control de acceso; autopistas vías rápidas. Densidad de tráfico y diagramas de complejidad de vía ⁽¹⁾</p> <p>Alto Mediano Bajo</p>	<p>M1 M2 M3</p>
<p>Vías de alta velocidad, vías de autopistas dobles. Control de tráfico ⁽²⁾ y separación ⁽³⁾ de diferentes tipos de usuarios de vías ⁽⁴⁾</p> <p>Malo Bueno</p>	<p>M1 M2</p>
<p>Vías importantes de tráfico urbano, vías radiales, zona distribuidora de vías. Control de tráfico y separación de diferentes tipos de usuarios de vías:</p> <p>Malo Bueno</p>	<p>M2 M3</p>
<p>Conectando vías menos importantes, distribuidores locales de vías, vías residenciales de mayor acceso. Vías que proporcionan acceso directo a propiedades y vías de conexión. Control de tráfico y separación de diferentes tipos de usuarios de vías:</p> <p>Malo Bueno</p>	<p>M4 M5</p>

Fuente: (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012) basada en la norma CIE 115-1995

- (1) Se refiere a infraestructura, movimiento del tráfico y visualización de los alrededores. Se considera: número de carriles, pendientes, señales, desniveles de entrada y salida.
- (2) Se refiere a la presencia de señales y signos y existencia de regulaciones. Métodos de control: semáforos, regulaciones prioritarias, señales de tránsito, marcas de vías. La ausencia o escasez del control de tránsito se considera como pobre (malo)
- (3) Puede ser por carriles dedicados o por la restricción de uso de uno o más de los tipos de tráfico.
- (4) Automóviles, camiones, vehículos livianos buses, ciclistas y peatones.

Tabla 3. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.

Descripción de la Vía	Clase de Alumbrado
Vías de alto prestigio	P1
Pesado en la noche usado por ciclistas o peatones	P2
Moderado en la noche usado por ciclistas o peatones	P3
Menor en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes.	P4
Menor en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes. Importante para preservar el carácter arquitectónico del medio ambiente	P5
Muy leve en la noche usado por ciclistas o peatones, solamente asociados con propiedades adyacentes. Importante para preservar el carácter arquitectónico del medio ambiente	P6
Vías donde solamente la guía visual es proporcionada por la luz directa que las luminarias están proporcionando	P7

Fuente: (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012) basada en la norma CIE 115-1995

Cuando para una determinada situación de proyecto e intensidad de tráfico puedan seleccionarse distintas clases de alumbrado, se elegirá la clase teniendo en cuenta la complejidad del trazado, el control de tráfico, la separación de los distintos tipos de usuarios y otros parámetros específicos

d.1.3.1.2. Niveles de iluminación de los viales

En las tablas 4 y 5 se reflejan los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

Tabla 4. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada.

Clase de Iluminación	Luminancia Promedio L_{prom} (cd/m ²) Mínimo Mantenido	Factor de Uniformidad U_0 Mínimo	Incremento de Umbral de TI % Máximo Inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_i Mínimo	Relación de Alrededores SR Mínimo
M1	2,0	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1,2	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	NR	NR
M5	0,6	0,4	15	NR	NR

Fuente: (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012) basada en la norma CIE 115-1995

Tabla 5. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal

Clase de Alumbrado	Iluminancia horizontal (lux) En completo uso de la Superficie Mantenido	
	Iluminancia Media E_m (lux)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
P1	20	7,5
P2	10	3
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No Aplicable	No Aplicable

Fuente: (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012) basada en la norma CIE 115-1995

d.1.3.2. Alumbrados Específicos

Se consideran alumbrados específicos los que corresponden a pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores.

Los requisitos fotométricos serán los especificados a continuación:

d.1.3.2.1. Alumbrado de Glorietas

Además de la iluminación de la glorieta el alumbrado deberá extenderse a las vías de acceso a la misma, en una longitud adecuada de al menos de 200 m en ambos sentidos.

Los niveles de iluminación para glorietas serán un 50% mayores que los niveles de los accesos o entradas, con los valores de referencia siguientes:

- Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media $U_m \geq 0,5$
- Deslumbramiento máximo $GR \leq 45$ (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

d.1.3.3. Localización de las Luminarias

Al iniciar un diseño de iluminación es necesario conocer las disposiciones que tiene el municipio que para los diferentes operadores de servicios públicos, en cuanto a la localización de los postes y redes de energía así como la red de alumbrado público, respecto al costado donde deben colocarse en la malla vial local, y si existe alguna restricción para la colocación de los postes exclusivos de alumbrado público en la malla arterial tanto principal como complementaria. La localización de las luminarias en la vía está relacionada con su patrón de distribución, con el ancho de la vía (W), con los requerimientos lumínicos de la vía, con la altura de montaje (H) de las luminarias, con

el perfil de la vía, la proximidad a redes de AT, MT (en donde se deberán cumplir las normas CIE 115), líneas férreas, mobiliario urbano, etc.

Aparte de estas consideraciones, la altura de montaje se relaciona con las facilidades para el mantenimiento y el costo de los apoyos. La interdistancia de localización de los postes de alumbrado (S) será la que resulte del estudio fotométrico de iluminación de la vía y primara sobre la distancia de ubicación de los elementos del mobiliario urbano (árboles, sillas, canecas para basura, bolardos, cicloparqueos, etc.).

Las interdistancias sólo se deben disminuir debido a obstáculos insalvables, como por ejemplo sumideros de alcantarillas, rampas de acceso a garajes existentes, interferencia con redes de servicios públicos existentes y que su modificación resulte demasiado onerosa comparada con el sobrecosto que representa el incremento del servicio de alumbrado público, etc.

Se debe buscar obtener interdistancias más elevadas mediante la utilización secuencial de las siguientes alternativas:

- a) Escoger la luminaria más apropiada.
- b) calibrar el reglaje de la luminaria para aumentar su dispersión
- c) Aumentar la inclinación de la luminaria (pasando de 0° hasta 20°);
- d) Utilizar brazos con mayor longitud y por tanto de mayor alcance.
- e) Aumentar la longitud del brazo para que el avance de la luminaria sobre la calzada sea mayor

d.1.3.4. Niveles de Iluminancia

A continuación se plantea una tabla en la que se detallan los valores mínimos y máximos de la iluminancia para diferentes configuraciones viales, además de indica el valor de uniformidad media, según la norma.

Tabla 6. Niveles de referencia de iluminación media en servicio instalaciones de alumbrado vial funcional

TIPO DE VIA O AREA	NIVEL MÍNIMO MEDIO (LUX)	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD MEDIA
M1	30	0,4
M2	25	0,4
M3	20	0,4
M4	15	0,4
M5	8	0,4

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (Normas Técnicas de Diseño)

d.1.4. DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS EN LA VÍA

d.1.4.1. Disposición unilateral

Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. El diseñador debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica requerida.

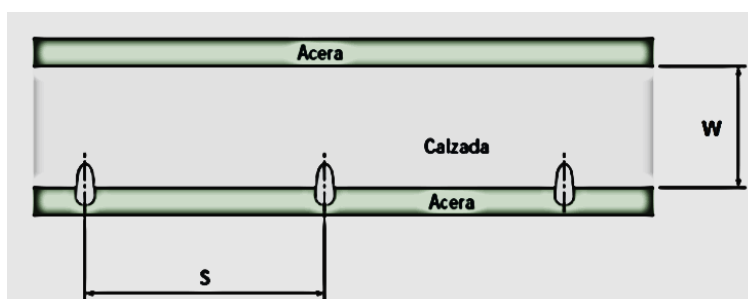


Figura 17.- Disposición Unilateral

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.4.2. Central doble

Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un pequeño separador que no debe ser menor de 1,5 m de ancho. Se logra una buena economía en el proyecto si los postes comparten en el separador central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta manera de agrupar las luminarias se denomina central sencilla.

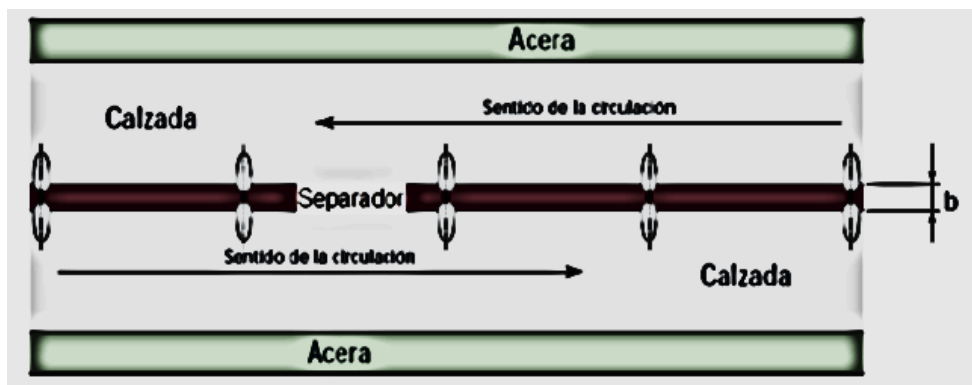


Figura 18.- Disposición Central doble (para $1,5 m \geq b \leq 4 m$)

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.4.3. Bilateral alternada.

Cuando la vía presenta un ancho W superior a la altura de montaje hm de las luminarias ($1.0 < (W/hm) < 1,50$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo II de la IESNA ó de dispersión media en el modelo de la CIE. Es claro que la anterior frase no obliga al diseñador a utilizar luminarias Tipo II de manera exclusiva, pues la presente norma es del tipo de resultados y no de materiales a utilizar en un diseño.

También es conveniente utilizar la disposición bilateral alternada en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, para iluminar las aceras y las fachadas de las edificaciones frente a la calzada y crear de esta manera, un ambiente luminoso agradable.

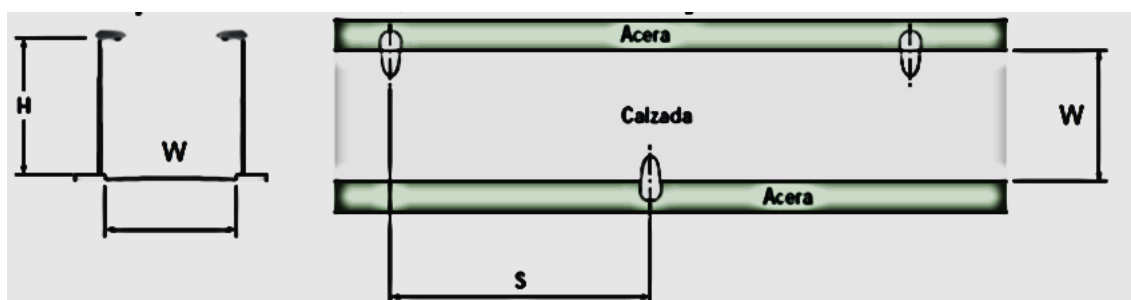


Figura 19.- Disposición Bilateral alternada

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.4.4. Bilateral opuesta sin separador

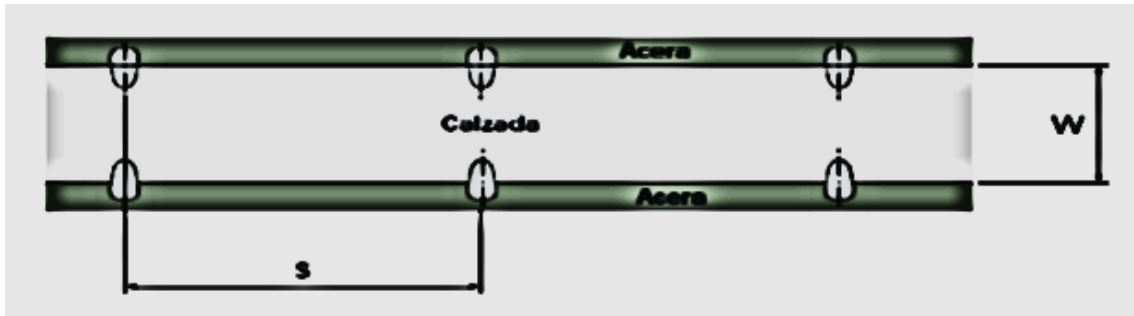


Figura 20.- Disposición Bilateral opuesta

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.4.5. Bilateral opuesta con separador.

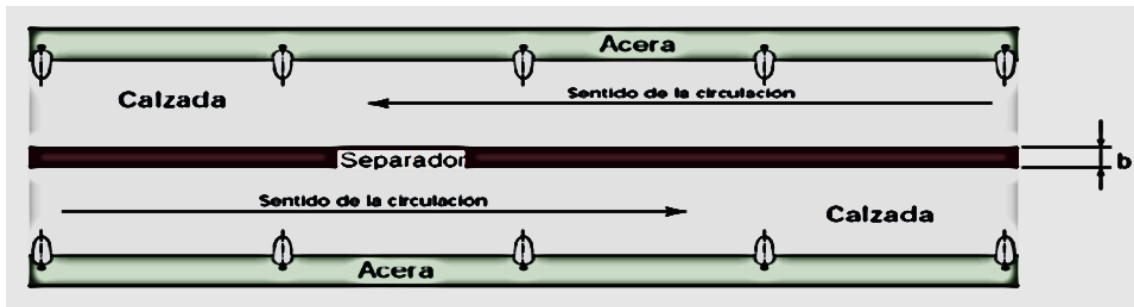


Figura 21.- Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b)

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

Cuando la vía presenta un ancho W muy superior a la altura de montaje hm de las luminarias ($1,25 < (W/hm) < 1,75$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo III de la IESNA ó de dispersión ancha en el modelo de la CIE en disposición bilateral opuesta, aunque se puede utilizar cualquier tipo de clasificación siempre y cuando se cumpla con los requisitos fotométricos exigidos y el diseño sea el más económico.

En este caso, la iluminación consta de dos filas de luminarias: una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario. Por otra parte, el solo uso de la disposición no garantiza el resultado. El diseño completo contempla una solución integral a la iluminación de la vía propuesta incluidos los alrededores inmediatos. Esta disposición sobre vías principales, es comúnmente usada si

se requiere solamente para iluminación doble propósito: la vehicular y la peatonal. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.5.EFICIENCIA ENERGÉTICA

d.1.5.1. Eficiencia Energética de una Instalación

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right) \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot lux/W$)

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux)

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

ε_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ($lum/W = m^2 lux/W$);

f_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

f_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\varepsilon = \varepsilon_L \times f_m \times f_u \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (ε_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento (f_m): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores (eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación) sea máximo.

d.1.5.2. Requisitos Mínimos de Eficiencia Energética

d.1.5.2.1. Instalaciones de alumbrado vial funcional.

Se definen como tales las instalaciones de alumbrado vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, consideradas en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto A y B. Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 7.

Tabla 7. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Fuente: (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

El índice de eficiencia energética (I_ε) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ε) y el valor de eficiencia energética de referencia (ε_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en tabla 8.

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Tabla 8. Valores de eficiencia energética de referencia

Alumbrado vial Funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	-	-
25	29	-	-
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
-	-	≤ 5	5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Fuente: (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_e} \quad \text{Ecuación (8)}$$

La tabla 9 determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Tabla 9. Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo Energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I\epsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I\epsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I\epsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I\epsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I\epsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I\epsilon > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I\epsilon \leq 0,20$

Fuente: (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

Entre la información que se debe entregar a los usuarios figurará la eficiencia energética (ϵ), su calificación mediante el índice de eficiencia energética ($I\epsilon$), medido, y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, de acuerdo al modelo que se indica en la figura 22. (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

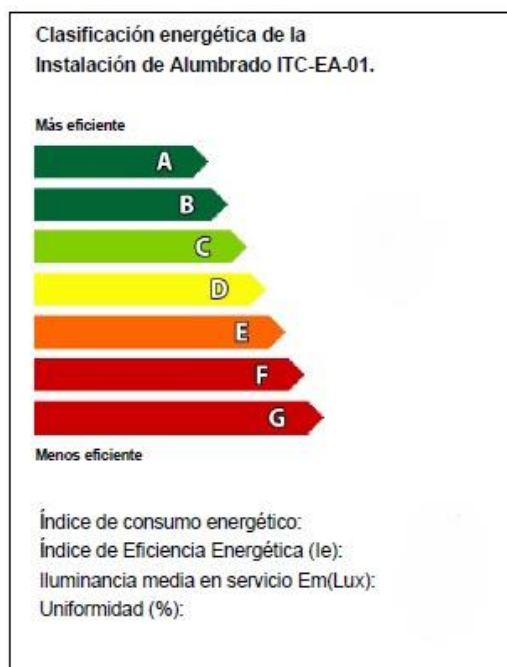


Figura 22.- Etiqueta de clasificación de Eficiencia Energética.

Fuente: (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

d.1.6. MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

d.1.6.1. Medida De Iluminancia

La iluminancia horizontal en un punto de la calzada se expresa mediante:

$$E = \sum \left(I \times \frac{\cos^3 \gamma}{h^2} \right) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Siendo, I la intensidad luminosa, γ el ángulo formado por la dirección de incidencia en el punto con la vertical y h la altura de la luminaria. El sumatorio (Σ) comprende todas las luminarias de la instalación.

d.1.6.1.1. Selección de la retícula de medida

La retícula de medida es el conjunto de puntos en los que en el proyecto se calcularán los valores de iluminancia. En sentido longitudinal, la retícula cubrirá el tramo de superficie iluminada comprendido entre dos luminarias consecutivas. En sentido transversal, deberá abarcar el ancho de área aplicable, tal y como se representa en la figura 23.

Los puntos de medida se dispondrán, uniformemente separados y cubriendo todo el área aplicable, como muestra la figura 23, siendo su separación longitudinal D, no superior a 3 m, y su separación transversal d, no superior a 1 m. El número mínimo de puntos en la dirección longitudinal N será de 3.

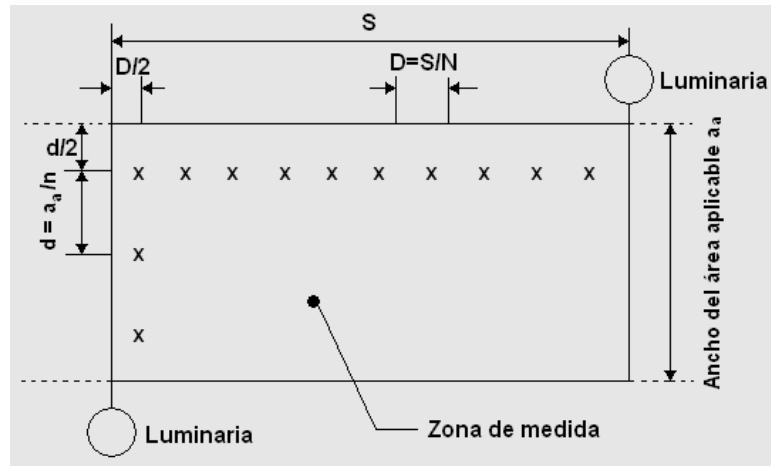


Figura 23.- Puntos de medida para la iluminancia

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

S = separación entre dos puntos de luz consecutivos

X = puntos de medida de la iluminancia

a_a = ancho del área aplicable

n = número de puntos de medida en la dirección transversal

N = número de puntos de medida en la dirección longitudinal

D = distancia en la dirección longitudinal entre dos puntos de medida contiguos

d = distancia en la dirección transversal entre dos puntos de medida contiguos

d.1.6.1.2. Área límite

Con el fin de evitar el efecto de otras instalaciones de alumbrado en los valores medidos de iluminancia de una instalación, se establece un área límite dentro de la cual, deberá apagarse durante la medida, cualquier luminaria que no pertenezca a dicha instalación. El área límite a considerar está definida por una distancia al punto de medida de 5 veces la altura de montaje H de las luminarias de la instalación considerada.

d.2.4.1.3. Método simplificado de medida de la iluminancia media

El método denominado de los "nueve puntos" permite determinar de forma simplificada, la iluminancia media (E_m), así como también las uniformidades media (U_m) y general (U_g). (REAL DECRETO 1890/2008, 2008)

De acuerdo con el método europeo de los 9 puntos, que se usa para calcular la Iluminancia promedio sobre la vía en una instalación de alumbrado público, es necesario ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, definiendo un rectángulo de área largo ($d/2$) por ancho (A). De este modo, tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método.

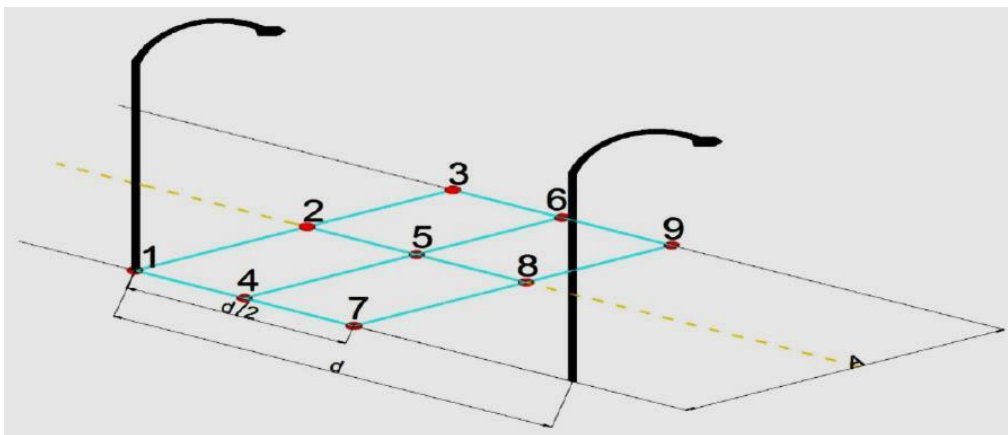


Figura 24.- Partición para aplicar el método de los 9 puntos

Fuente: constructorelectrico.com

Se considera la iluminancia en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones $(A/2) * (d/2)$. La iluminancia promedio sobre la vía se calcula teniendo en cuenta la contribución de iluminancia de cada punto a la porción típica de vía. Así, los puntos extremos tienen una contribución de 0,25; los puntos intermedios de 0,5 y el punto central de 1.0

A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación promedio sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5] \quad \text{Ecuación (10)}$$

Siendo $E_1, E_2 \dots E_9$ las iluminancias en los puntos $P_1, P_2 \dots P_9$ respectivamente. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.6.2. Cálculos Computarizados de Iluminancia

Con el advenimiento de las computadoras y el software para cálculo de iluminación, la dificultad para obtener los valores de manera manual, prácticamente desapareció y hoy en día, todos los cálculos comerciales se realizan a través de software especializado. Así mismo, se puede incrementar el número de puntos considerados, pues los 9 del método europeo son un límite de aproximación.

La iluminancia horizontal en un punto se calcula a partir de la siguiente fórmula u otra matemáticamente equivalente:

$$E_h = \frac{\sum I(c, \gamma) \cos^3 \gamma \cdot \phi \cdot FM}{H^2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

E_h = luminancia horizontal mantenida en el punto, en luxes. Indica la sumatoria de la contribución de todas las luminarias.

$I(c, \gamma)$ = intensidad en cd/klm emitida por la luminaria en la dirección del punto; ángulo de incidencia de la luz en el punto.

H = altura de montaje en m de la luminaria.

Φ = Flujo luminoso inicial en klm de la bombilla o bombillas de la luminaria.

FM = Factor de mantenimiento.

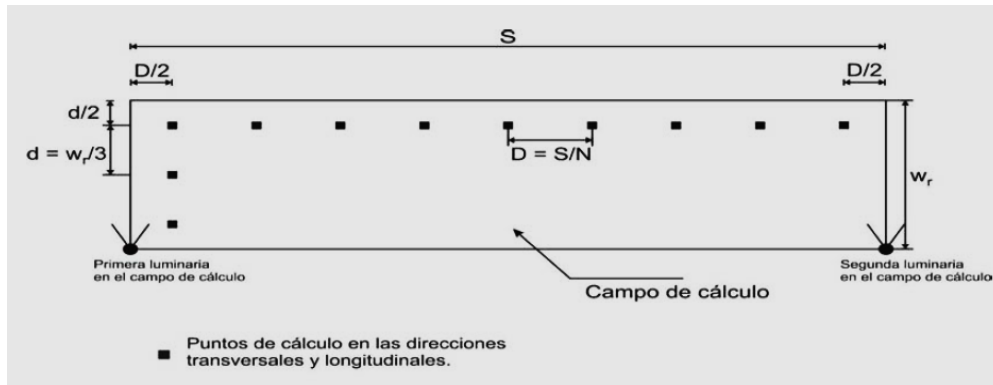


Figura 25. Puntos de cálculo para la iluminación

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.6.2.1. Campo de Cálculo.

El campo de cálculo deberá ser típico del área de la calzada que le interesa al conductor y al peatón; puede incluir las aceras, los carriles de ciclo rutas y las zonas peatonales. Como se muestra en la figura 25 el área se limita por los bordes de las calzadas (incluidas ciclorrutas y zonas peatonales, si es aplicable) y por las líneas transversales a través de dos luminarias consecutivas.

d.1.6.2.2. Posición de los Puntos de Cálculo.

Los puntos de cálculo se deben espaciar uniformemente en el campo de cálculo (véase la figura 25) y su número se debe escoger como sigue:

En la dirección longitudinal, El espaciado en la dirección longitudinal debe determinarse a partir de la ecuación $D = S/N$, en donde:

D = Es el espaciado entre puntos en la dirección longitudinal (m).

S = Es el espaciado entre luminarias (m), y

N = Es el número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal con los siguientes valores:

- Para S menor o igual a 30 m, $N = 10$

- Para S mayor de 30 m, el entero más pequeño para que se obtenga D menor o igual a 3 m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo se espacia a una distancia $d/2$ más allá de la primera luminaria (m).

En la dirección transversal. El espaciado (d) en la dirección transversal se determina a partir de la ecuación $d = W_r/3$. En donde:

d = Es el espaciado entre puntos en la dirección transversal (m)

W_r = Es el ancho de la calzada o del área aplicable (m).

El espaciado de los puntos de los bordes del área aplicable es $D/2$ en la dirección longitudinal y $d/2$ en la dirección transversal como se indica en la figura 17.

Número de luminarias incluidas en el cálculo. Para el diseño se deben considerar las luminarias que estén dentro de un valor igual a cinco veces la altura de montaje desde el punto de cálculo.

d.1.6.3. Cálculos en Aceras y Carriles para Ciclorrutas.

Los puntos de cálculo se deben espaciar uniformemente en el campo de cálculo, y su número se deberá escoger de la siguiente forma:

Dirección longitudinal. Si las aceras o los carriles de ciclo rutas son de la misma clase de iluminación que la calzada, pueden considerarse conjuntamente con la calzada para determinar el espaciado de los puntos de cálculo en la dirección longitudinal, en caso contrario se aplica nuevo campo de cálculo según la figura 25.

Dirección transversal. Se debe aplicar la siguiente fórmula: $df = Wf/n$. En donde:

df = Es el espaciado entre puntos de la dirección transversal en metros.

d.1.6.4. Medida de Iluminancia en Glorietas

La retícula de medida se representa en la figura 26 y parte de 8 radios que tienen su origen en el centro de la glorieta, formando un ángulo entre ellos de 45°. El origen angular de los radios se elige arbitrariamente con independencia de la implantación de las luminarias.

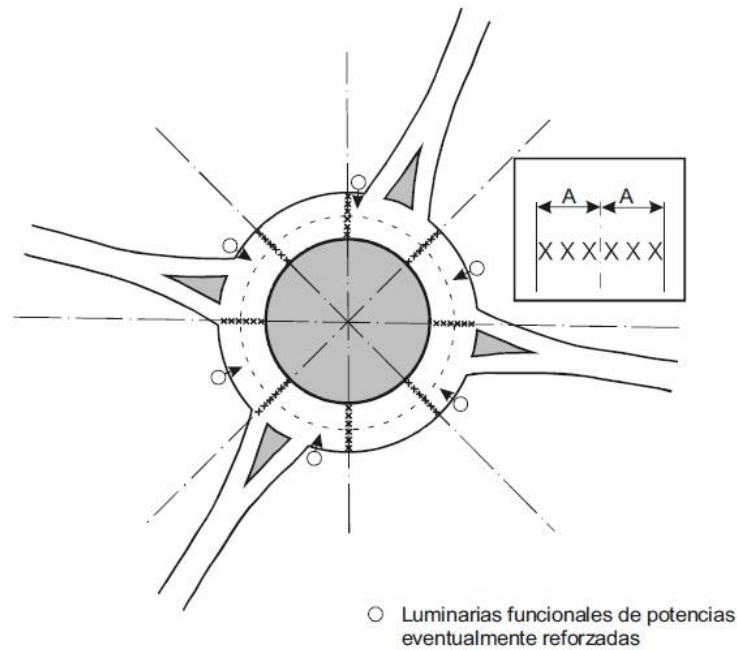


Figura 26.- Retícula de cálculo y mediciones en glorietas

Fuente: RETILAP (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

El número de puntos de cálculo de cada uno de los 8 radios es función del número de carriles de tráfico del anillo de la glorieta, a razón de 3 puntos por carril de anchura (A), tal y como se representa en la figura. En el caso de una implantación simétrica, el número de radios a considerar se podrá reducir a 2 consecutivos, que cubran un cuarto de la glorieta. Cualquiera que sea el tipo de implantación de los puntos de luz -periférica o central-, exista simetría o no, la iluminancia media horizontal (E_m) del anillo de la glorieta será la media aritmética de las iluminancias (E_i) calculadas o medidas en los diferentes puntos de la retícula:

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} E_i \quad \text{Ecuación (12)}$$

La uniformidad media de iluminancia horizontal del citado anillo de la glorieta será el cociente entre el valor más pequeño de la iluminancia puntual (E_i) y la iluminancia media (E_m).

d.1.6.5. Cálculo de la Uniformidad General de Iluminancia en Alumbrado Público.

El valor del coeficiente de uniformidad general de Iluminancia se calcula de acuerdo con los dos criterios siguientes:

a. Como $U_o = E_{\min}/E_{\text{prom}}$ Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional, donde:

E_{\min} corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.

E_{prom} Corresponde al valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados, desde el primero (E_1) hasta el final (E_n). La fórmula aplicable es:

$$E_{\text{prom}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

E_i = Valor de la iluminancia en cada punto.

n = Número de puntos o áreas consideradas en el cálculo.

E_{prom} = Iluminancia promedio de la vía o zona considerada.

b) Como $U_g = E_{\min}/E_{\max}$. Tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional. Dónde:

E_{\min} corresponde al punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.

E_{\max} Corresponde al punto de mayor iluminancia calculado entre todos los puntos considerados.

Coefficiente de uniformidad general de iluminancia. El valor de la uniformidad general de Iluminancia se calcula de acuerdo con los criterios siguientes:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{prom}} \quad \text{Ecuación (14)}$$

(MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.7. REQUISITOS ESPECÍFICOS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN

a. Requerimientos de visibilidad. La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehicular como peatonal.

b. Cantidad y calidad de Luz. Se refiere a que un sistema de iluminación debe permitir circular de manera cómoda y segura, permitiendo a los usuarios que circulan a velocidad normal evitar cualquier obstáculo.

c. Confiabilidad de la percepción: La iluminación debe proporcionar un elevado nivel de luminancia en el fondo, interpretado como la necesidad de proveer a la vía, una Luminancia promedio y la necesidad de mantener un limitado deslumbramiento desde las fuentes de luz.

d. Comodidad Visual: La comodidad visual es una importante característica que redundará en la seguridad del tráfico vehicular. La falta de comodidad se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores que disminuirá la velocidad de reacción debido al cansancio que se producirá en sus ojos. En la comodidad visual del conductor se encuentra comprometida la luminancia ofrecida por la instalación de alumbrado público, su uniformidad, su nivel de iluminancia, el grado de

deslumbramiento, así como la disposición y naturaleza de las fuentes luminosas utilizadas.

e. Evaluación Económica y Financiera: En todos los proyectos de alumbrado público deberán hacer una evaluación económica y financiera donde se incluyan no sólo los costos de inversión, sino los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil.

f. Uso Racional y Eficiente de la Energía: El diseño de los sistemas de alumbrado público deben cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y con los parámetros lumínicos sugeridos.

g. Requerimientos de las normas de mobiliario urbano: Otro factor a considerar en los proyectos de iluminación es las ordenanzas sobre mobiliarios urbanos, por lo que se debe considerar el estilo arquitectónico predominante en el sector. En Plazas públicas, fachadas, vías con destinación histórica o turística definidas, es necesario mantener el estilo, el color y la distribución concordantes. Para cada caso hay distribuciones y equipos que mejoran el impacto visual de la instalación. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010)

d.1.8. NORMAS QUE SE UTILIZAN EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

A continuación se presenta un listado de los acrónimos y siglas comúnmente utilizadas en iluminación; unas corresponden a los principales organismos de normalización, otras son de instituciones o asociaciones.

Tabla 10. Normas que se utilizan en el Alumbrado Público

AMBITO	ORGANISMO DE NORMALIZACIÓN		NORMA
	SIGLA ACRÓNIMO	NOMBRE	
INTERNACIONAL	CIE	Comisión Internacional de Iluminación	CIE
E.E.U.U.	IESNA	Illuminating Engineering Society of North American	IESNA-IES
ESPAÑA	AENOR	Asociación Española de Normalización	UNE
E.E.U.U.	ANSI	American National Standards Institute	ANSI

EUROPA	CENELEC	Comité Européen de Normalization Electro-technique	EN
E.E.U.U.	ASTM	American Standar for Testing and Materials	ASTM
E.E.U.U.	NEMA	National Electrical Manufacturers Association	NEMA
COLOMBIA	INCOTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	NTC
INTERNACIONAL	IEC	International Electrotechnical Comisión	IEC
E.E.U.U.	IEEE	Institute of Electrical and Electronics y Certificación	IEEE STD
ARGENTINA	IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación	IRAM
ARGENTINA	AADL	Asociación Argentina de luminotecnia	IRAM – AADL
INTERNACIONAL	ISO	International Organization for Standardization	ISO
ALEMANIA	DIN	Deutsches Institut für Normung	VDE
MÉXICO		Dirección General de Normas	NOM
MÉXICO	ANCE	Asociación de Normalización y Certificación	NMX
BRASIL	ABNT	Asociación Brasileira de Normas Técnicas	NBR

Fuente: Plan piloto de telegestión para el control de alumbrado público para la vía Cuenca – Descanso (Encalada, 2012)

d.2. CAPÍTULO II. TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO

Este sistema permite gestionar automáticamente, cumpliendo con unos protocolos de operación y estándares de calidad, la supervisión y control de forma remota, y facilita la programación de trabajos que requiere la prestación de un servicio. En el caso del servicio de Alumbrado Público, para poder ejercer el control utilizando dicho sistema, se necesita partir del conocimiento del estado de las instalaciones, de las bases de datos de la información de la infraestructura y de la información de la prestación del servicio.

d.2.1. BENEFICIOS DE TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

Con la implementación de la telegestión del servicio de Alumbrado Público se pueden obtener los siguientes beneficios:

- Optimización de los costos de Explotación
- Uso Racional y Eficiente de la Energía
- Valor Agregado para la atención del cliente
- Mejora de la percepción de la ciudadanía sobre la calidad de la Energía.

d.2.2. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE SERVICIOS DE ALUMBRADO PÚBLICO QUE SE MODIFICAN CON TELEGESTIÓN

Al utilizar la telegestión se deben modificar los procedimientos de la operación del servicio de Alumbrado Público que se vienen utilizando de forma tradicional, por las siguientes razones:

e.2.2.1. Gestión Centralizada y Controlada

Al poder monitorizar continuamente los puntos de luz, a través del sistema de telegestión, se puede realizar la supervisión y mando en tiempo real de las instalaciones de manera centralizada.

Cualquier alarma detectada en un punto de luz puede ser enviada automáticamente al centro de control, indicando cual bombilla es la que ha fallado y generando el correspondiente parte de mantenimiento.

El sistema ayuda a la gestión mediante la obtención y elaboración de datos concernientes a la instalación, fichas técnicas de centros de distribución y puntos de luz, facilitando información gráfica, archivos históricos e informes.

A través de la infraestructura de informática y de telecomunicaciones, se puede interrogar cotidianamente, desde el centro de control o terminal remota, a los tableros o centros de distribución y a los puntos luminosos sobre:

- Las eventuales anomalías presentadas en el servicio.
- Información para organizar la programación de las reparaciones y del mantenimiento.
- Los consumos de energía.
- La programación de los niveles de iluminación deseados en las distintas zonas de acuerdo con las fases horarias y requerimientos especiales.

e.2.2.2. Seguimiento de la calidad y vida útil de los componentes de la infraestructura del servicio.

La Telegestión permite analizar el correcto desempeño de los componentes de la instalación, para eliminar las causas que producen deficiencias en el servicio, verificando los siguientes parámetros:

- Estado de las bombillas. En el caso de las bombillas de vapor sodio a alta presión, se puede determinar su vida útil monitoreando su tensión de arco.
- Tensión de la línea de alimentación.
- Continuidad del servicio de alimentación.
- Consumo anómalo de energía de las luminarias.
- Fallas en los equipos auxiliares: balasto, condensador, fusibles, fotocontrol.

Al disponer de información en tiempo real del estado de cada componente de la instalación, se puede aprovechar al máximo su vida útil (luminarias, bombillas, arrancadores, condensadores, etc.).

Con base en el control individual de cada bombilla y de su fecha de instalación, se puede hacer seguimiento sobre su eficacia y programar el cambio de bombillas por baja eficacia y el final de su vida.

Con el control individual de la fecha de instalación de cada luminaria, se pueden hacer programas de mantenimiento preventivo de limpieza del conjunto óptico de las luminarias y hacer seguimiento sobre la depreciación de su eficiencia y determinar el final de la vida útil de las luminarias.

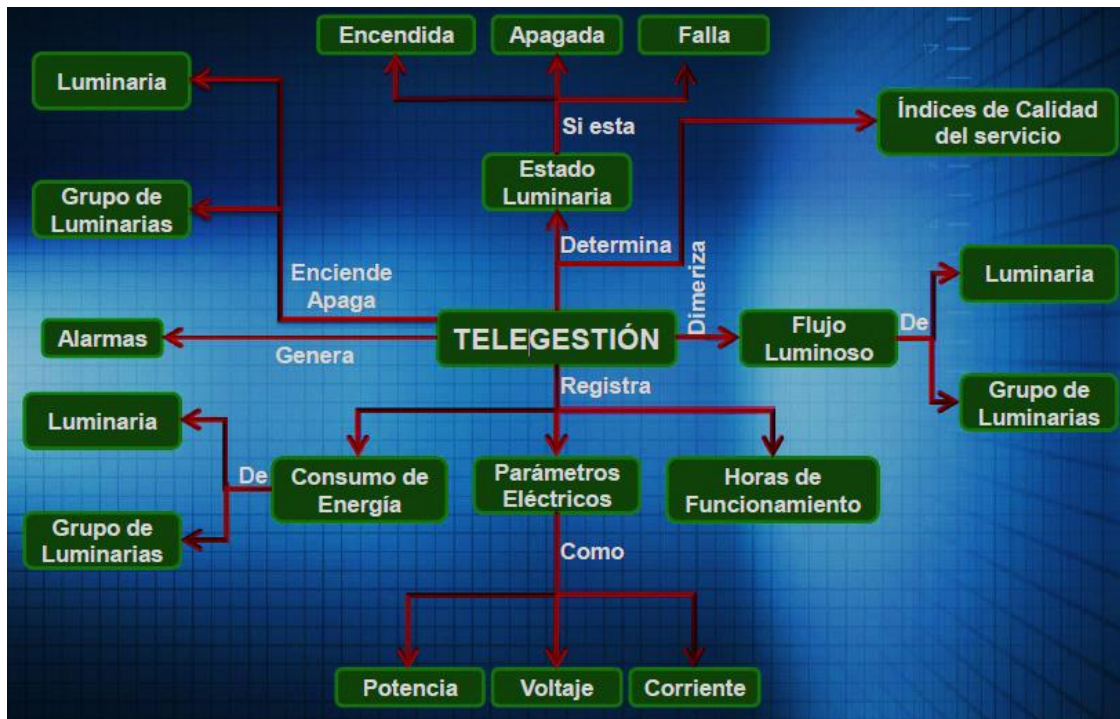


Figura 27.- Esquema de Prestaciones de la Telegestión

Fuente: Autor.

d.2.3. MÓDULOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN PARA EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

El sistema de telegestión para el servicio de Alumbrado Público es un sistema modular que se puede agrupar en **tres niveles**:

Un **primer nivel**: instalado en las luminarias, que reporta la información y hace el control individual de cada punto luminoso.

Permite detectar el funcionamiento y discernir la falla en cada punto de luz, transmitiendo los datos al siguiente nivel de control, mediante un sistema de comunicación.

Un **segundo nivel**: instalado en los centros de distribución, donde se hace el control para cada circuito de baja tensión que sale del centro de distribución y concentra la información de los puntos luminosos alimentados por dichos circuitos. Permite realizar, en cada circuito de baja tensión, las maniobras necesarias, así como medir y analizar parámetros eléctricos, detectar y analizar anomalías o averías. Desde este nivel se transmite al nivel superior la información recibida de cada uno de los puntos luminosos existentes en el nivel inferior y la información generada por la propia unidad instalada en cada centro de distribución.

Un **tercer nivel**: corresponde al centro de control o sala de gestión, donde se recibe la información de los centros de distribución y se hace el control de cada uno de ellos. Permite la supervisión y control de la infraestructura del sistema de Alumbrado Público y mediante una unidad de control remoto o puesto de mando central, recibe la información de los otros dos niveles, a través del sistema de comunicación y la gestiona. Este nivel está compuesto por:

- Procesamiento básico de las señales (generación de despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes).
- Funciones de análisis (por ejemplo, cálculos de indicadores).
- Interrelación con otros sistemas de información.

d.2.3.1. Descripción del primer nivel. El módulo de control del Punto de Luz.

El control individualizado de cada punto proporciona información, muy valiosa sobre el estado de funcionamiento e incidencias de cada uno, para la gestión eficiente del mantenimiento y, por tanto, asegurar una mayor calidad de servicio y seguridad del

alumbrado. Este elemento que controla el funcionamiento del punto luminoso debe ser altamente fiable y no puede generar información errónea o confusa.

El controlador del punto luminoso se instala normalmente dentro de la luminaria, facilitando la identificación, el control y la vigilancia de la luminaria individual.

Este control individualizado y el conocimiento previo del tipo de avería, facilita el aprovechamiento hasta el límite de vida de cada uno de los componentes, generándose menos residuos y gestionando así mejor nuestro entorno ambiental.



Figura 28.- Instalación de un módulo de control del Punto de Luz

Fuente: SOCELEC

El módulo de control del Punto de Luz requiere:

- Un detector de punto de luz en cada luminaria. Cada punto de luz en el sistema está equipado con un dispositivo que identifica el punto luminoso de forma única y suministra información al analista de los registros de su funcionamiento y el de sus componentes: bombilla, balasto, arrancador, condensador y fusibles. Permite memorizar y actualizar la información sobre el estado de funcionamiento actual y la fecha de instalación del punto luminoso.
- Un módem o interface para la transmisión de los datos por el sistema de comunicación.
- El equipo de comunicación.
- Una unidad de control en el tablero de distribución. Esta unidad contiene una memoria y un procesador al cual se le puede introducir, de forma remota o en conexión local, la programación de operación que se desee con los puntos luminosos que tenga asociados.

d.2.3.2. Descripción del segundo nivel. El módulo de control del Centro de Distribución

Este segundo nivel se encuentra localizado en los centros de distribución de alumbrado, que permiten realizar las maniobras necesarias, medir y analizar parámetros eléctricos, detectar y analizar anomalías y averías; así como el transmitir al nivel superior, la información recibida del nivel inferior y la generada por la propia unidad. Permite la gestión remota de los puntos de luz.

La Unidad Local del Control del tablero o centro de distribución, permite:

- Controlar las protecciones eléctricas.
- Registrar los parámetros eléctricos.
- Gestionar el sistema de ahorro de energía.
- Optimizar el uso del reloj astronómico.
- Registrar las acciones realizadas.

El módulo de control del Centro de Distribución es el equipo que gobierna los puntos luminosos de los circuitos de baja tensión conectados al centro de distribución. Este módulo puede gestionar hasta 250 puntos luminosos por cada centro de distribución y dispone de una memoria interna para almacenar hasta 2.500 eventos. Para ello cuenta con una batería interna que le proporciona autonomía por varias horas.

Cada centro de distribución, además de realizar el mando de la instalación, controla las alarmas, registra los parámetros eléctricos y supervisa el funcionamiento de otros elementos, como los reguladores-estabilizadores de tensión para ello requiere:

- Una unidad de control de los puntos de luz, alimentados por el circuito de baja tensión, en el tablero de distribución y de control remoto desde el centro de control.
- Un módem o interface para la transmisión de los datos por el sistema de comunicación. Puede darse el caso que el sistema de comunicación entre los puntos luminosos y el centro de distribución, sea diferente al de los centros de distribución con el centro de control; luego deben servir de interface de

comunicación de los puntos luminosos y la interface de comunicación con el centro de control.

- El equipo del sistema de comunicación.

d.2.3.3. Descripción del tercer nivel. El Centro de Control

Este tercer nivel se encuentra localizado en el Centro o Sala de Control, que permite la gestión remota de las unidades de control instaladas en los centros de distribución y de cada uno de los puntos luminosos. El centro de control está conformado por los equipos (hardware), el software de telegestión y los equipos indispensables para establecer la interconexión con los niveles inferiores, mediante los protocolos de comunicación.

El computador del centro de control es el que recibe toda la información de las unidades de control y el que se comunica con ellas. Junto con el programa de gestión, constituyen el corazón del sistema.

Su operación óptima y eficiente está supeditada a la ejecución de una serie de actividades, y algunas requieren ser hechas por personal especializado, como son: La puesta en marcha del centro de control y del programa de gestión; las actualizaciones de nuevas versiones; y la compatibilidad con otros sistemas de información del servicio de alumbrado público. De igual modo, se debe considerar:

- **La gestión diaria:** Cada día, se requiere supervisar el funcionamiento del sistema, además de gestionar las modificaciones de la instalación; por consiguiente, debe haber comunicación con otros sistemas para hacer llegar la información que genera la telegestión al resto de usuarios (partes de averías para mantenimiento, listados, etc.).
- **El exceso de información:** La información detallada que proporcionan estos sistemas puede llegar a ser inconveniente, puesto que en muchos casos la persona que supervisa la instalación lo único que precisa es una visión global o tiene que revisar gran cantidad de datos para llegar a la información requerida. Existen soluciones de mercado que mediante el filtrado o el uso de técnicas de sistemas expertos clasifican y envían la información necesaria a los usuarios finales ya sean de operación, mantenimiento, expansión, etc.

- **La interconexión de otros usuarios.** El centro de control debe facilitar la conexión simultánea de usuarios con diferentes perfiles (como empresas encargadas del mantenimiento, o responsables de los servicios técnicos). También debe facilitar el acceso a la información a través de la WEB en cualquier momento y desde cualquier sitio

El sistema debe ofrecer la posibilidad de “dialogar” a través del servidor con cada tablero o centro de distribución, situado en cualquier punto sin importar la distancia, permitiendo conocer en cualquier instante el estado de cada centro de distribución y de los puntos luminosos que tiene asociados.

Los técnicos deben poder ser contactados de modo automático y rápido, en caso de emergencia, a través de un sistema de mensajes de texto para teléfonos móviles, por ejemplo SMS (Short Message Service), y de correo electrónico. Los informes diarios de fallas son enviados por correo electrónico para los equipos de mantenimiento para solucionar las deficiencias del día anterior o en tiempo real, mientras que mediante la incorporación de una interfaz tipo WMI (Windows Management Instrumentation) de administración Web, permite a los administradores de Alumbrado Público interrogar el estado operativo actual y también ejercer el control manual.

Las averías no tienen que ser detectadas a través de recorridos de inspección nocturna y diurna y ni mucho menos por los propios usuarios. El conocimiento de ciertos tipos de avería, permite intervenciones específicas y un control puntual de la efectividad del trabajo realizado.

d.2.4. EL SOFTWARE PARA LA TELEGESTIÓN DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

El sistema debe ser adecuado para procesar la información recibida en el centro de control, el cual permitirá gestionar los centros de distribución de alumbrado, con detección e informe de averías, funciones de mantenimiento, inventario y cartografía.

Toda la información recogida por el software debe poder ser compartida con la mayoría de los programas de gestión; para ello debe tener una interface gráfica, fácilmente

editable, que permita a través de pantallas, acceder a la visualización cartográfica de los registros y parámetros de los diversos módulos de control y de datos existentes en las bases de datos georreferenciadas.

Los datos concernientes a órdenes de reparación y operaciones de mantenimiento se deben poder descargar directamente en el software, incluso en el modo remoto, utilizando para ello teléfonos celulares y/o equipos PDA (Personal Digital Assistant), que son computadores de mano que pueden realizar muchas de las funciones que hace un computador de escritorio; muchos de los PDA modernos poseen conectividad Wi-Fi, que permite la conexión a redes inalámbricas y permite el acceso Internet.

El software debe proporcionar las herramientas necesarias, mediante la generación de mensajes de alarmas o listados de no conformidades, para programar las labores de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo y eventos extraordinarios: la información procedente de los módulos de control instalados en cada punto luminoso y en cada centro de distribución; permitiendo de una manera eficaz la prevención de problemas y las actividades de reparación. El acceso al software y por tanto a la visualización de los eventos y estados y/o a la programación de la instalación deberá estar protegido, siendo necesario un nombre de usuario y un password para acceder. Para cada servidor se debe poder definir diferentes niveles de usuario, desde el usuario principal con capacidad total, hasta un simple nivel de sólo lectura.

El software que soporta la telegestión del servicio de Alumbrado Público debe permitir:

- Realizar el control y monitorización remota de la instalación de Alumbrado Público.
- Tener bajo control todas y cada una de las luminarias de forma individual (punto a punto), proporcionando las alarmas de mal funcionamiento de los equipos a través de mensajes de correo electrónico y facilitando el control de encendido y apagado de cada luminaria de manera individualizada o bien en grupos definidos por el usuario.
- Integración con sistemas georeferenciados que faciliten la ubicación de los equipos y el lugar donde se ha producido una incidencia.

- Gestionar órdenes de trabajo para mantenimiento y repotenciación, así como los reportes de normalización, administración de grupos de trabajo: tiempos, materiales, combustible, herramientas y otros para obtener los mejores resultados en los trabajos de expansión, reposición y normalización.
- El software de telegestión del servicio de Alumbrado Público debe tener interfaces con otros sistemas, como por ejemplo:
 - Con el sistema de información de la infraestructura de Alumbrado Público
 - Con el sistema de atención de quejas y reclamos, y mantenimiento del servicio de Alumbrado Público
 - Con el sistema de gestión de la red eléctrica de media y baja tensión

Se requiere que el software sea compatible con otros existentes en el mercado para que, en caso de cambio de plataforma, todos los sistemas y datos volcados con anterioridad sean aprovechables por los que tomen su relevo. Es necesario además, que los futuros desarrollos se amparen en las necesidades de gestión y no en los requisitos que demanden uno u otro sistema de telecontrol. (Suárez Acevedo, 2010)



Figura 29.- Interface de un Software de Telegestión del AP

Fuente: sinapseenergía.com

d.2.5. COMUNICACIONES EN UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Los tres niveles de telegestión están relacionados a través de un sistema de telecomunicaciones, el cual se encarga de la transmisión de la información al centro de control y desde el centro de control a los diferentes componentes del Sistema de Alumbrado Público. Existen varios medios de comunicación que se han venido utilizando como son onda portadora (PLC) y comunicaciones inalámbricas como radio, WIFI, telefonía celular (GPRS/3G).

Mediante el módulo de comunicaciones se transmiten las diferentes señales de estado de cada uno de los componentes del sistema de alumbrado, las cuales son almacenadas en bases de datos, que soportan interfaces gráficas del software adoptado para el centro de control. Los operadores, pueden acceder a los datos generados desde los diversos elementos del sistema de alumbrado, determinando las respuestas a los diferentes eventos asociados.

d.2.5.1. Onda portadora

Los sistemas de onda portadora o Power Line Communications (PLC), aprovechan el cable eléctrico para comunicarse con las luminarias del sistema de Alumbrado Público, es una de las maneras más eficaces de comunicar puntos luminosos sin necesidad de un cableado adicional. Las frecuencias en el ancho de banda del rango de 20 kHz a 200 kHz conforman lo que se denomina banda estrecha y puede ser usada para la transmisión de información modulada por la red eléctrica.

La Banda ancha sobre líneas eléctricas (abreviada BPL por su denominación en inglés Broadband over Power Lines) representa el uso de tecnologías PLC que proporcionan acceso de banda ancha a Internet a través de líneas de energía ordinarias. En este caso, una computadora (o cualquier otro dispositivo) necesitaría solo conectarse a través de un módem BPL en cualquier toma de energía en una edificación equipada para tener acceso de alta velocidad a Internet. A primera vista, la tecnología BPL parece ofrecer ventajas con respecto a las conexiones inalámbricas ya que utiliza medios guiados, al igual que la banda ancha basadas en cable coaxial o en DSL, la amplia infraestructura

disponible permitiría que la gente en lugares remotos tenga acceso a Internet con una inversión de equipo relativamente pequeña. Las características físicas y de capilaridad de la red eléctrica y las altas prestaciones de los estándares por parte de la IEEE, posicionan las comunicaciones vía PLC como una excelente alternativa, siempre que se disponga de redes privadas de cable sobre las que inyectar señales PLC, como son las redes exclusivas de Alumbrado Público. El ancho de banda de un sistema BPL se caracteriza por su estabilidad. Los módems PLC transmiten en las gamas de media y alta frecuencia (señal portadora de 1,6 a 30 MHz). La velocidad asimétrica en el módem va generalmente desde 256 kbit/s a 2,7 Mbit/s.

Las tecnologías de banda ancha sobre líneas eléctricas, tienen como desventaja que las señales de BPL no pueden pasar fácilmente a través de los transformadores (su alta inductancia los hace actuar como filtros de paso bajo, dejando pasar solo las señales de baja frecuencia y bloqueando las de alta) y por esta razón requieren repetidores en los centros de distribución.

El segundo problema principal de las tecnologías BPL tiene que ver con la intensidad de la señal junto con la frecuencia de operación. Se espera que el sistema trabaje en frecuencias en la banda de 10 a 30 MHz, que es utilizada por los radio aficionados, así como por emisoras radiales internacionales en onda corta y por diversos sistemas de comunicaciones (militar, aeronáutico, etc.), lo que puede producir interferencia. Sin embargo, los sistemas modernos de BPL utilizan la modulación OFDM que permite minimizar la interferencia con los servicios de radio mediante la remoción de las frecuencias específicas usadas.

La inmunidad frente a ruido e interferencias depende de la frecuencia de transmisión y de la utilización de un tipo de transmisión a dos hilos como línea-tierra ó línea-neutro; en cuanto a costos, el sistema es una alternativa económica y de rápida instalación para el transporte de datos. Uno de los protocolos más utilizados en los sistemas de onda portadora es la plataforma LonWorks, (Local Operating Networks) que es un protocolo estándar abierto y se encuentra homologado por las distintas normas Europeas (EN-14908), de Estados Unidos (EIA-709-1) y Chinas (GB/Z20177-2006), ahora es oficialmente conocido como ISO/IEC 14908-1.

Una gran desventaja de éste sistema es su inoperancia ante eventos como postes estrellados y vandalismo, dado que la señal en el centro de control desaparece totalmente. En redes eléctricas de uso general se requieren estudios detallados para evaluar su implementación. Por lo tanto, los costos adicionales no definidos por la utilización de las redes de uso general, conllevan a descartar el uso de éste medio de comunicación dentro del sistema piloto de telegestión.

d.2.5.2. Redes inalámbricas.

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

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

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

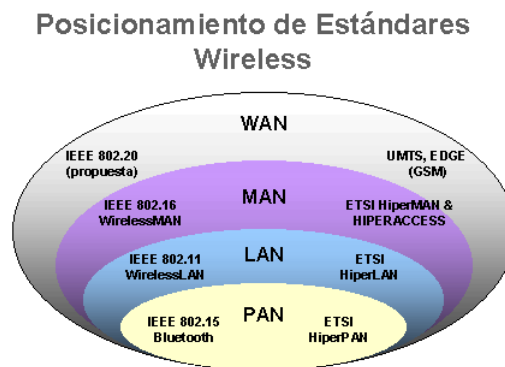


Figura 30.- Estándares de comunicación inalámbrica

Fuente: Marco teórico de la telegestión del servicio de Alumbrado Público (Suárez Acevedo, 2010)

Existen entre otras:

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

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

- GSM (Global System for MobileCommunication).
- GPRS (General Packet Radio Service).
- UMTS (Universal MobileTelecommunication System).

WLAN (en inglés, 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, son las siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas). Es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Forum; todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

Los perfiles del equipamiento que existen actualmente en el mercado; compatibles con WiMAX, son exclusivamente para las frecuencias de 2,5 y 3,5 Ghz como puede comprobarse en la base de datos de WiMax Forum. (Ramírez Pinto)

d.2.6. TIPOS DE TECNOLOGÍA DE TELEGESTIÓN DE ACUERDO A LOS PROVEEDORES

A continuación se enumera a dos de proveedores de las diferentes tecnologías de Telegestión de Alumbrado Público, con los cuales se realizará el análisis técnico económico

1. ISDE
2. Owllet del Grupo Schreder.

Existen más proveedores de Telegestión de Alumbrado Público con otras marcas como son:

- Arelsa de España.
- Afeisa automatización SA de España.
- Cyclosystems de USA.
- Philips.
- Minos de UMPI Electrónica de Italia. SCI Sistemas Controladores Inteligentes S.A.
- ELO Sistemas Electrónicos S.A.

d.2.6.1. Descripción del Sistema de Telegestión de la Empresa ISDE

Es una empresa de tecnología fundada en 1994 pionera en España, fabrica equipos de automatización y control. La empresa ISDE es un fabricante de productos LonWorks que abarca los subsistemas de iluminación, climatización, control de accesos, supervisión y control de cuadros eléctricos, interfaces de usuario, facturación de energía y calidad de aire.

Además los productos ISDE son integrables con los demás subsistemas como el control de las plantas de producción, los ascensores o el sistema de incendios.

Como ya se mencionó anteriormente utiliza tecnología LonWorks, estándar abierto de comunicaciones con implantación a nivel mundial; que permite el desarrollo de productos en más de 1000 empresas en todo el mundo. Dispone de la certificación oficial de Echelon Corp. Como LID en España (LonWorks Independent Developer).

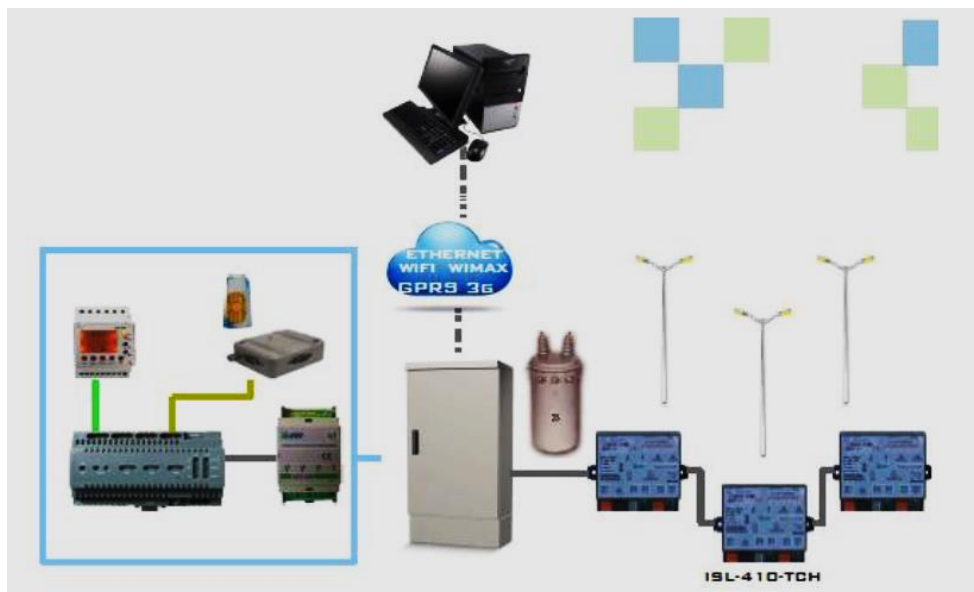


Figura 31.- Arquitectura del Sistema ISDE

Fuente: isde-ecuador.com

Tecnología LonWorks:

- Tecnología estándar y abierta
- Capaz de integrar todos los subsistemas de control de una vivienda, edificio y sistemas de alumbrado público.
- Variedad de fabricantes elaboran productos basados en esta tecnología.
- Fácil mantenimiento y ampliación del sistema.

d.2.6.2. Descripción del Sistema de Telegestión Owlet de Schröder

Owlet Nightshift es un sistema de telegestión para el seguimiento o monitoreo, control, medición y la gestión de la iluminación al aire libre. Basado en tecnologías abiertas que ahorra energía, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, mejora la fiabilidad

y reduce la iluminación al aire libre los costes de mantenimiento (dependiendo de la instalación de hasta).

Cada punto de luz individual se puede encender / apagar o atenuar, en cualquier momento, dependiendo del estado de conmutación. El estado de funcionamiento, consumo de energía y posibles fallas se reportan y se almacena en una base de datos con fecha y hora exacta y la ubicación geográfica. Nightshift Owllet ayuda a los directores de alumbrado público para garantizar el nivel de iluminación a la derecha de la calle al tiempo que mejora la fiabilidad de la iluminación al aire libre y reducir los costos operativos.

Su arquitectura se observa de forma esquemática en la figura 32, sus principales funciones:

- Canales de comunicación ambos usados en cada transmisión.
- Repetición es posible
- No se presenta ruido en la comunicación
- 5.4 kbit/seg, entre equipos.
- Secundaria 115 kHz; Primaria 132 kHz.
- IEEE 802.15.4 / ZigBee
- 16 canales de comunicación cada uno de banda ancha.
- Selección automática o manual.
- Saltos dinámicos de la frecuencia no se detectan.
- Malla multifuncional que autocorrigue fallas entre nodos a través de las múltiples conexiones.
- 250 kbit/segundo.

COMPONENTES DEL SISTEMA.

Owlet Nightshift

Software de fácil utilización que monitorea, controla y administra la instalación de iluminación. 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 (estándar IEEE 802.15.4). El Sistema Owlet Nightshift, es tan simple como la página WEB de una aerolínea o como un motor de búsqueda en la Web. Toda la información recibida se almacena en una base de datos MySQL.

Owlet Topologie – Intelligent Digital Streetlighting

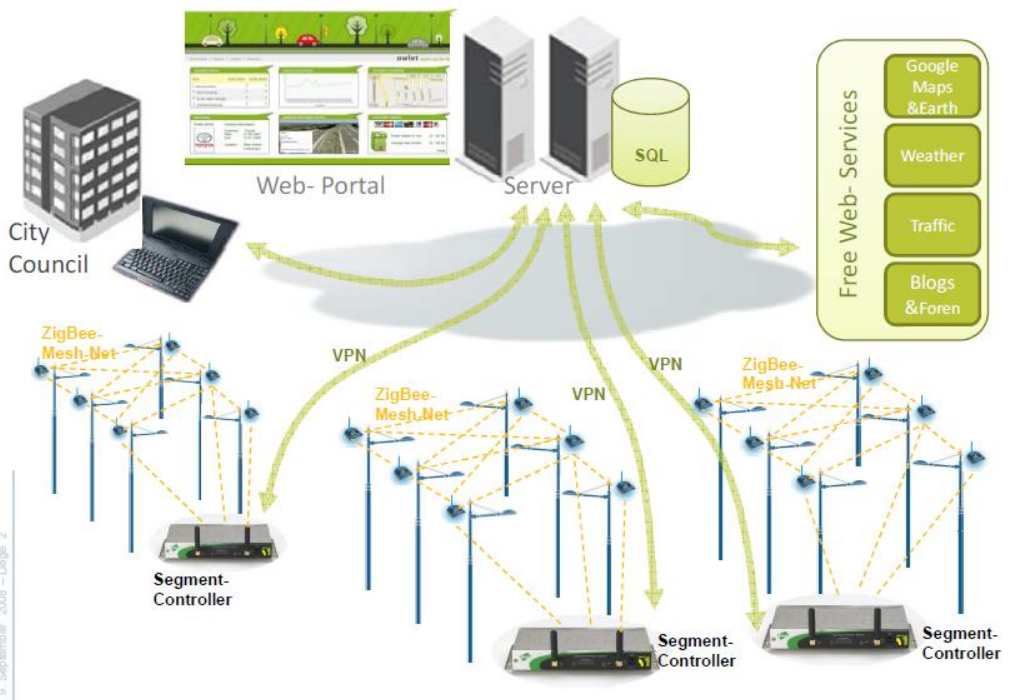


Figura 32.- Arquitectura del Sistema Owlet

Fuente: (Schröder Group)

Controladores de Luminaria de exterior (OLC)

El “LuCo” y “CoCo” están disponibles en varias configuraciones. Todos los miembros de la familia comparten la comunicación confiable de Zigbee, las capacidades de conmutación y de dimerización y detección de fallo de la lámpara.

Los OLC son independientes del balasto, y soportan equipos convencionales como balastos magnéticos y de doble potencia así como balastos electrónicos y controladores LED con interfase de 1-10 V o el estándar DALI. Cada salida es capaz de conmutar hasta luminarias de 1000 W con una tensión de alimentación de 230 V.

CoCo (Controlador de Columna)

Versión encapsulada para montaje en-poste tipo IP 67, se puede suministrar hasta con dos interruptores de potencia independientes, cada uno mide la energía individual, ideal si más de una carga se adjunta a un poste, es decir, doble encendido esto es las luminarias y el alumbrado navideño, pasacalles de publicidad, etc. El consumo de energía de cada salida se mide individualmente a través de un medidor de energía clase 1. Monitorea: Corriente, voltaje y factor de potencia. Presenta un reloj de respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.

Luco (Controlador de luminarias)

Luco es la opción si desea instalar el sistema dentro de las luminarias. El controlador está disponible en tres versiones: Luco-D con DALIinterfaz, Luco-M para construcciones con medidor de energía clase 1, y la Luco-U sin medición para aplicaciones donde se utiliza un medidor de energía común en el alimentador principal. Al igual que en el CoCo, corriente, el voltaje y factor de potencia son también monitoreados permanentemente y registrados. Un reloj de respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.

Segment Controller (SeCo) ó Controlador de segmentos.

El SeCo gestiona un segmento de hasta 150 unidades de CoCo y Luco. Recoge los datos del OLC a través de la red de malla ZigBee y lo transmite a través de Internet al servidor web, garantizando la seguridad a través de una VPN. La conexión a Internet se realiza ya sea con el ADSL, GPRS o 3G. Equipado con 2 entradas/salidas digitales y

analógicas, así como también de una interfaz de Modbus Seco capaz de adquirir datos desde un medidor de energía para todo un segmento para efectos de facturación, también puede enviar y recibir comandos de sensores remotos, es decir, el cambio de alimentación de la iluminación, el controlador de segmento es totalmente programable y se puede personalizar si es necesario. Puede organizar grupos (es decir, las intersecciones, las carreteras principales, cruces de peatones, etc.) recibir y ejecutar comandos de interruptor y atenuación.

e.- MATERIALES Y MÉTODOS

e.1. MATERIALES

Para la realización del presente proyecto con el fin de cumplir con los métodos establecidos, se utilizaron los siguientes materiales:

- Material para mediciones luminotécnicas.
 - ✓ Luxómetro digital GOSSEN 15610 1/6 - 04.
 - ✓ Trípode graduado, para medición de Iluminancia semicilíndrica

- Material para medición de Distancias
 - ✓ Distanciómetro Láser
 - ✓ Cinta métrica

- Materiales Tecnológicos
 - ✓ DiaLux-Simulación Luminotécnica
 - ✓ ArcGis-Software de Georreferenciación
 - ✓ Internet
 - ✓ Geoportal de la EERSSA
 - ✓ Software para Cálculo de la Eficacia Energética MAYJA
 - ✓ Software AUTOCAD 2013
 - ✓ Microsoft Word
 - ✓ Microsoft Excel.
 - ✓ Microsoft Power Point.
 - ✓ Adobe Reader

- Otros materiales
 - ✓ Cámara fotográfica digital
 - ✓ Ordenador portátil
 - ✓ Calculadora
 - ✓ Impresora

e.2. MÉTODOS

e.2.1.-LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASE DEL ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO

Con el objeto de elaborar un sistema completo de telegestión del alumbrado público en la avenida Pío Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja, se consideró necesario realizar inicialmente un levantamiento detallado de todas y cada una de las variables que inciden en el diseño e implantación de un sistema de alumbrado público.

Al conocer el estado actual de la iluminación pública en el sector de estudio, se puede determinar si este cumple con las funciones para las que ha sido diseñado, o en caso contrario nos dará la pauta para aplicar correctivos y particularmente para la presente investigación diseñar un sistema eficiente de telegestión del alumbrado público utilizando luminarias con tecnología LED.

Es necesario realizar un diagnóstico en el sistema de iluminación y la calidad de este, a fin de determinar elementos, equipos y materiales que presenten fallas y plantear una solución adecuada.

Para cumplir con el levantamiento total de la información base del sistema de alumbrado público de la avenida, es necesario entonces cumplir con las siguientes tareas:

1. Observación Directa.
2. Realizar mediciones in situ.
3. Recopilación de Datos.
4. Sistematización de datos.

e.2.1.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ASPECTOS GENERALES DEL SECTOR EN ESTUDIO

Mediante la observación directa y también con el uso de varios software se logró inicialmente determinar ciertos datos importantes para arrancar con el levantamiento

civil y eléctrico de la avenida Pío Jaramillo Alvarado comprendida entre el Redondel ubicado en la calle Mercadillo al norte y el Redondel de la Universidad Nacional de Loja a al sur. Tomando en cuenta que el margen oriental de la avenida corresponde al sentido de circulación vehicular Sur-Norte y el margen occidental al sentido Norte-Sur En la tabla mostrada a continuación se plasman los datos aspectos anteriormente mencionados.

Tabla 11. Aspectos Generales de la Avenida

ASPECTOS GENERALES DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO	
Longitud Aproximada	3547 metros
Tipo de Vía (Clasificación)	M2 – ME3b
Estado de la Vía	Usado
Tipo de Pavimento	Asfalto
Número de postes en sentido Norte-Sur	88
Número de postes en sentido Sur-Norte	95
Número de Redondeles	3
Intersecciones Principales	5
Distancia Promedio entre Postes	39,81 metros
Máxima distancia entre postes	62,4 metros
Mínima distancia entre postes	24,5 metros

Fuente: Autor.

A más haber realizado varios recorridos por el sector de estudio, se completó esta actividad a partir de la visualización y análisis de una ortofoto de la ciudad de Loja, que gracias a su resolución nos sirvió para determinar los ciertos detalles indicados en el presente estudio.

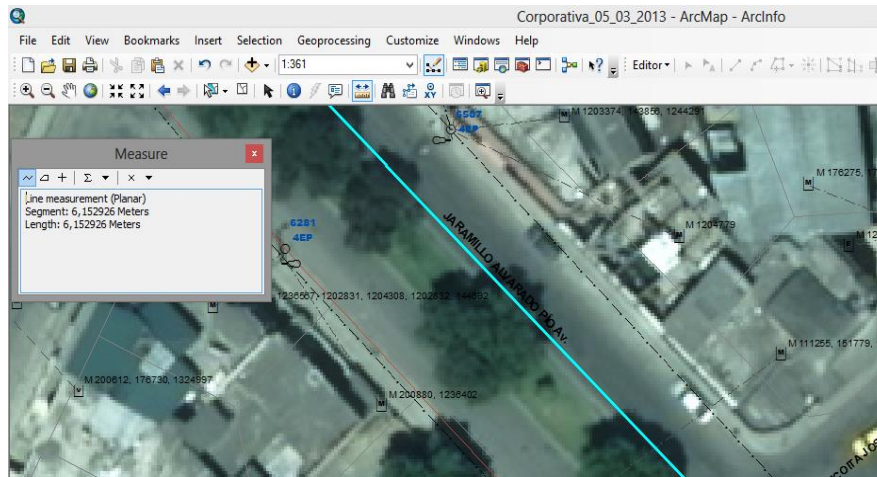


Figura33. Ortofoto de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado

Fuente: Visualización en ArcGis

e.2.1.2. LEVANTAMIENTO CIVIL DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO.

Se debe entender por levantamiento civil como una descripción detalla de los componentes y magnitudes que comprenden la obra civil o infraestructura de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado y de los postes que componen el sistema eléctrico y de alumbrado público de esta.

Inicialmente a partir de una ortofoto digital de la ciudad de Loja y utilizando la herramienta “measure” del software ArcGis, es posible obtener datos reales de distancias entre postes, ancho de calzada y de aceras, etc. Este procedimiento posteriormente se puede contrastar con mediciones reales utilizando instrumentos de medición tales como flexómetro, cinta métrica y un distanciómetro láser digital. Al realizar las mediciones con estos instrumentos y comparándolas con los datos obtenidos de la ortofoto de la ciudad de Loja se pudo determinar que los resultados son casi similares y que la diferencia entre estas es mínima.

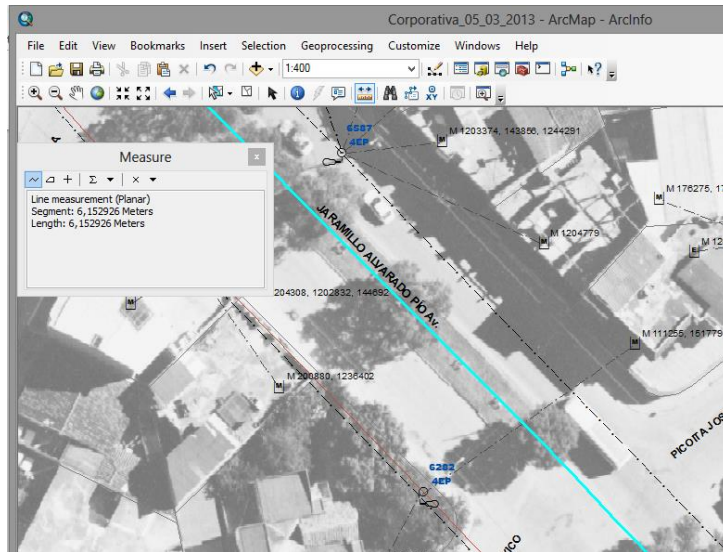


Figura 34. Herramienta Measure para obtener distancias

Fuente: Visualización en ArcGis

Se ha creído conveniente que los aspectos a considerar para realizar el levantamiento civil de la avenida son los siguientes:

- Longitud de la Avenida.
- Distancias entre Postes.
- Ancho de la Calzada.
- Ancho de la Acera.
- Altura de Poste.
- Distancia entre el Poste y el filo de la acera.
- Altura de la Luminaria
- Longitud y ángulo de inclinación del Brazo de luminaria.

Todas y cada una de las mediciones están indicadas en los Anexos de la investigación.

e.2.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES QUE INTEGRAN LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO

Mediante la observación directa y gracias a los datos publicados en el GeoPortal de la EERSSA, se puede elaborar un inventario general de los elementos que integran el sistema de alumbrado público de la avenida.

Para elaborar la presente investigación es importante saber reconocer específicamente el número exacto de luminarias instaladas en el sistema, su tipo y potencia; asimismo es importante conocer la forma en que estas se encuentran conectadas. Además es necesario saber reconocer y determinar en cada uno de los puntos de luz si los equipos se encuentran obsoletos o defectuosos, si los postes se encuentran lastimados o si no poseen la postura que deberían mantener.

Es así que en la tabla presentada a continuación se expone un una breve síntesis de esta descripción.

Tabla 12. Recuento de Luminarias Sentido N-S

SENTIDO NORTE SUR	
TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
LCPS150PCC	1
LDPS150PCA	2
LDPS150PCC	9
LDPS150PDC	2
LDPS400PCA	15
LDPS400PCC	59
	88

Fuente: Geoportel EERSSA

Tabla 13. Recuento de Luminarias Sentido S-N

SENTIDO SUR NORTE	
TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
LDPS150PCC	2
LDPS250ACC	3
LDPS250PCA	3
LDPS250PCC	8
LDPS250PDC	1

LDPS400ACC	2
LDPS400PCA	10
LDPS400PCC	64
LDPS400ACA	2
	95

Fuente: Geoportat EERSSA

Tabla 14. Recuento Total de Luminarias

COMPENDIO TOTAL	
TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
LCPS150PCC	1
LDPS150PCC	2
LDPS150PCA	2
LDPS150PCC	9
LDPS150PDC	2
LDPS250ACC	3
LDPS250PCA	3
LDPS250PCC	8
LDPS250PDC	1
LDPS400ACC	2
LDPS400PCA	25
LDPS400PCC	123
LDPS400ACA	2
	183

Fuente: Geoportat EERSSA

En síntesis, en el sistema de iluminación pública de la Avenida Pio Jaramillo Alvarado, está conformada por 16 lámparas de 150W, 15 lámparas de 250W, 152 lámparas de 400W.

e.2.1.4. CÁLCULO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO EN EL SECTOR EN ESTUDIO

En función del número total de luminarias, la potencia nominal de estas y las pérdidas en los balastos. Se aplica la ecuación 15 tomando como premisa de cálculo que el uso diario de cada luminarias es de aproximadamente 12 horas.

Para luminarias de 150W las pérdidas en balastos son 18W, en luminarias de 250W las pérdidas son de 25W y en luminarias de 400W las pérdidas son 35W.

$$\text{Energía Eléctrica(Wh)} = [\text{Potencia (kW)} + \text{Pérdidas en Balastos}] \times \text{Tiempo (h)} \quad \text{Ecuación(15)}$$

Tabla 15. Calculo de Consumo de Energía del Sistema Actual

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD	POTENCIA (kW)	Consumo Diario En 12 Horas (kWh)	Consumo Mensual En 30 Días (kWh)	Consumo Anual En 365 Días (kWh)
LDPS150PCC	3	0,168	6,048	181,44	2.207,52
LDPS150PCA	2	0,168	4,032	120,96	1.471,68
LDPS150PCC	9	0,168	18,144	544,32	6.622,56
LDPS150PDC	2	0,168	4,032	120,96	1.471,68
LDPS250ACC	3	0,275	9,9	297	3.613,50
LDPS250PCA	3	0,275	9,9	297	3.613,50
LDPS250PCC	8	0,275	26,4	792	9.636,00
LDPS250PDC	1	0,275	3,3	99	1.204,50
LDPS400ACC	2	0,435	10,44	313,2	3.810,60
LDPS400PCA	25	0,435	130,5	3915	47.632,50
LDPS400PCC	123	0,435	642,06	19.261,8	234.351,90
LDPS400ACA	2	0,435	10,44	313,2	3.810,60
				TOTAL (KWh)	319446,54

Fuente: Autor.

e.2.1.5. CARACTERIZACIÓN FOTOMÉTRICA DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR EN ESTUDIO

Ya con los datos obtenidos del levantamiento civil y eléctrico del sistema de iluminación pública; y conociendo todos los elementos que componen el mismo, es necesario establecer un plan y metodología de medición de los parámetros luminotécnicos.

En primer lugar es necesario determinar cuáles son las variables a medir; y luego de revisar la bibliografía relacionada con el tema y en función de los equipos que se posee, se creyó necesario revelar las siguientes variables luminotécnicas:

- Iluminancia en la calzada.

- Iluminancia en redondeles.
- Iluminancia en aceras (Semicilíndrica).

Las mediciones se las realizó mediante la utilización del luxómetro digital marca GOSSEN modelo MAVOLUX 5032C USB, mismo que cumple con las especificaciones y requerimientos según las normas DIN 5032 y CIE 69.



Figura 35. Luxómetro Digital GOSSEN

Fuente: Autor.

e.2.1.5.1. Iluminancia en la Calzada

Para las mediciones de iluminancia en la calzada, teniendo en cuenta que estamos hablando de 183 luminarias dispuestas a lo largo de una avenida de alrededor de 3,5 Km de longitud de forma tal que se distribuyen 88 al margen occidental de la avenida y 95 al margen oriental, es necesario limitar las mediciones a un estudio por zonas en función de sus características principalmente civiles, tomando una muestra que pueda ser representativa de cada zona y asumiendo que esta muestra refleja una situación similar respecto a los otros puntos de iluminación de la zona.

A partir de la observación in situ y análisis de los planos y fotografías de la avenida, se creyó conveniente que las zonas de estudio sean las que se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Zonas de Estudio para Mediciones Fotométricas

Zona	Rango	
	Inicio	Fin
1	Redondel de la UNL	Avenida Héroes del Cenepa
2	Avenida Héroes del Cenepa	Inicio Parque Lineal
3	A lo Largo del Parque lineal “La Tebaida”	
4	Avenida Manuel Agustín Aguirre	Redondel de la Tebaida
5	Redondel de la Tebaida	Calle Cuba
6	Calle Cuba	Calle México
7	Calle México	Redondel Calle Mercadillo

Fuente: Autor.

Luego de delimitar las zonas de estudio, según nuestro criterio se procede a tomar una muestra de cada zona que nos permita asumir que el comportamiento del sistema de iluminación es igual en el resto de luminarias que integran cada sector o zona. Ahora bien el número de postes seleccionados y su ubicación se expresan en la tabla. Lo que se pretende básicamente en todas las zonas; a excepción de la zona 3; es obtener las mediciones luminotécnicas a lo largo de una cuadra del sector estudiado. Mientras que en la zona 3 por tratarse de ser un sector donde se ilumina parte del perímetro del parque Lineal “La Tebaida” se consideró adecuado realizar las mediciones a lo largo de todas los puntos de luz que iluminan el contorno del parque a lo largo de la avenida.

Tabla 17. Selección de Puntos de Luz para mediciones Fotométricas.

Zona	Número de Puntos de luz en sentido S-N	Número de Puntos de luz en sentido N-S	Detalle
1	3	3	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre las calles Albert Einstein y Galileo Galilei.
2	3	3	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre las calles Av. Heroes del Cenepa y Leonardo Da Vinci
3	10	10	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las

Zona	Número de Puntos de luz en sentido S-N	Número de Puntos de luz en sentido N-S	Detalle
			mediciones de iluminancia a lo largo del Parque Lineal “La Tebaida”
4	3	3	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre las calles Lincoln y Keneddy
5	4	4	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre el Redondel de la Tebaida y la calle Chile
6	4	4	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre las calles Brasil y México
7	3	3	Para ambos sentidos de la avenida se realizó las mediciones de iluminancia entre las calles Venezuela y Maximiliano Rodríguez

Fuente: Autor.

Con los sitios específicos para la obtención de iluminancias, es necesario determinar el método adecuado para la medición y cálculos requeridos. El método seleccionado entonces es el denominado *“Método de los 9 Puntos”* explicado en la sección de Revisión de Literatura Capítulo 2, mismo que se consideró suficiente para despejar las variables que se desconoce.

Luego de las mediciones de iluminancias en los 9 puntos seleccionados, ya se pueden determinar:

- Iluminancia Media.
- Factor de Uniformidad.
- Factor de Eficiencia Energética.

Los resultados de estas mediciones se exponen en los anexos del presente documento.

e.2.1.5.2. Iluminancia en Redondeles

Se ha creído conveniente realizar un estudio puntual para los redondeles por tratarse de zonas complejas de alto tráfico que requieren buenos niveles de iluminación.

Para el presente estudio se distinguen tres redondeles principales que detallados a continuación de Sur a Norte son: Redondel de la U.N.L., Redondel de “La Tebaida” y Redondel de la calle Mercadillo. Posteriormente se define el método de medición de iluminancia que se gráficamente se detalla en la Figura 26. Este método de medición consiste básicamente en determinar ocho radios a la circunferencia del redondel equidistantes entre sí, posteriormente se marcan los puntos de forma tal que el número de puntos de cálculo de cada uno de los 8 radios es función del número de carriles de tráfico del anillo de la glorieta, a razón de 3 puntos por carril de anchura.

Cabe resaltar que para determinar estos ocho radios se puede utilizar algún instrumento de medición que nos permita determinar el perímetro de la circunferencia del redondel y posteriormente dividirlo para ocho y determinar los puntos necesarios para iniciar con las mediciones planteadas.



Figura 36. Visualización ortofotográfica del Redondel “La Tebaida”

Fuente: Visualización en ArcGis

Ya con la medición iluminancias en cada uno de los puntos se procede a calcular la iluminancia media en los redondeles aplicando la ecuación 12.

e.2.1.5.3. Iluminancia en Aceras

Para determinar la iluminancia en las aceras se procedió primeramente a seleccionar las zonas en las que se va a medir. Se creyó conveniente entonces elegir las zonas detalladas en la tabla 16, y para las mediciones tomar un tramo comprendido entre dos postes seleccionados al azar en cada zona, tratando de que estos se encuentren a la misma altura en ambos sentidos de la avenida.

La iluminancia en las aceras se puede determinar utilizando el método de medición de la iluminancia semicilíndrica (E_{sc}), que consiste en ubicar el sensor del luxómetro de forma vertical, apoyado en un trípode a una altura de 1,5 metros, hasta este punto se puede decir que es una medida de iluminancia vertical (E_v). Luego se hace girar el sensor en un ángulo de 45° , hasta completar el giro de 360° .

El trípode que sostiene al sensor del luxómetro debe estar ubicado en un punto medio del ancho de la vereda, y para la selección de los puntos de medición se creyó conveniente distribuirlos como se indica en la figura 37.

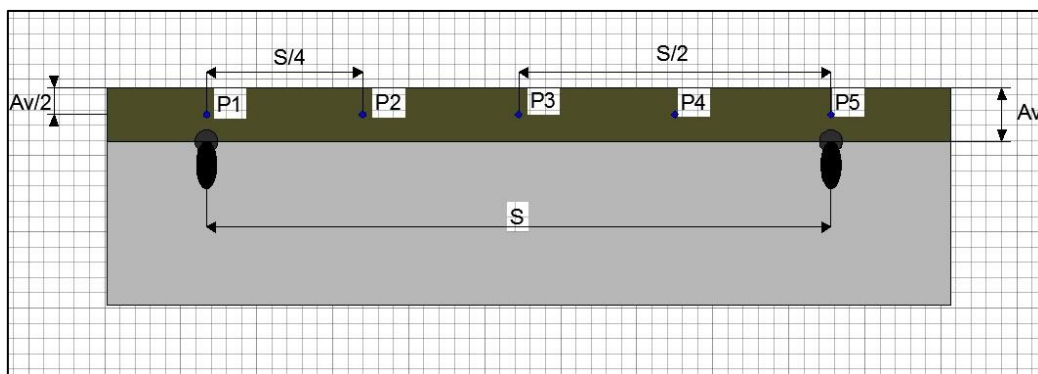


Figura 37. Puntos para medición de la iluminancia semicilíndrica.

Fuente: Autor.

Ya contando con todos los datos de iluminancia obtenidos para todas las configuraciones planteadas, se procederá a calcular las variables que requerimos para determinar la calidad del servicio de iluminación pública de la avenida.

e.2.1.5.4. Niveles de Iluminancia

El proyecto fijará como mínimo los valores de los siguientes parámetros fotométricos:

- Iluminancia media en servicio.
- Uniformidad media.
- Iluminancia media en servicio y uniformidad media con sistema de regulación del nivel luminoso, para horario de niveles reducidos, en caso de proyectarse la instalación con estos sistemas.

Los niveles de iluminancia media en servicio y los coeficientes de uniformidad medios, se fijarán en instalaciones nuevas y para cada vía urbana según los criterios indicados en la tabla 6.

e.2.1.6. CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ACTUAL

Para obtener la calificación energética del Sistema de Iluminación pública de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, es necesario contar con los variables como: Superficie Iluminada, Iluminancia Media y Potencia Instalada. Conociendo ya estos valores se puede aplicar la Ecuación 5 del presente documento y obtener el valor de eficiencia energética de la Instalación (ε).

Posteriormente, en función de la Iluminancia media (E_m) obtenida, vamos a la tabla 8 y obtenemos el valor de eficiencia energética de referencia.

Ya contando con los valores de Eficiencia energética de la Instalación y de eficiencia energética de referencia, aplicando la ecuación número 7 se obtiene el índice de Eficiencia energética ($I\varepsilon$). Finalmente se aplica la ecuación 8 y se obtiene el índice de consumo energético, mismo valor que llevándolo a la tabla 9 nos sirve para determinar la calificación de eficiencia energética de la instalación. Esta calificación está comprendida en un rango de A hasta G, siendo A más eficiente y G menos eficiente.

Este proceso detallado anteriormente se puede realizar utilizando un software sencillo denominado “Cálculo de la Eficacia Energética MAYJA”, mismo que introduciendo

los valores de Superficie Iluminada, Iluminancia Media y Potencia Instalada, nos arroja automáticamente la calificación energética del sistema.



Figura 38. Calificación energética del sistema utilizando el software de cálculo.

Fuente: Cálculo Software MAYJA.

Este cálculo se puede realizar por punto de luz, por tramo o por todo el sistema. Lo importante es que se cuente con todas las variables requeridas.

e.2.2. DISEÑO DE UN PLAN DE TELEGESTIÓN E ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED

En esta sección se pretende buscar y seleccionar las tecnologías que podrían implementarse en un sistema piloto telegestionado de iluminación pública con tecnología LED. Este proceso consiste en el análisis de todos factores que inciden en la toma de decisiones para determinar el o los elementos idóneos para un nuevo sistema.

Tomando en cuenta las características del sistema de alumbrado público actual, se deberá considerar cuales son las variables más determinantes en la selección de los nuevos equipos, tanto de iluminación con tecnología LED como de Telegestión del sistema de alumbrado público; además se deberá integrar ambas aplicaciones con el fin de plantear un sistema eficiente de iluminación de exteriores que permita medir, controlar y regular el funcionamiento del alumbrado público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado.

e.2.2.1. Recopilación de información y datos técnicos de tecnología LED para Alumbrado Público

e.2.2.1.1. Condiciones que debe cumplir una luminaria LED para ser implementada en un sistema de alumbrado público.

Técnicamente los requerimientos exigibles para luminarias con tecnología LED para alumbrado exterior deberán ser las siguientes:

- **Documentación General de la empresa proveedora:** La empresa proveedora de tecnología LED deberá facilitar con los datos generales de esta, además deberá contar con las certificaciones que acrediten su trabajo.
- **Ficha técnica del producto:** Tanto de la luminaria como de su controlador, la empresa proveedora de la tecnología deberá presentar en forma clara todas las características técnicas de sus productos. Entre otras las especificaciones más importantes con las que debe contar una luminaria son: Marca, modelo, potencia nominal, distribución fotométrica, rendimiento, vida útil, factor de depreciación, etc.

- **Certificados y ensayos emitidos por entidad acreditada sobre la luminaria y componentes:** Verificando las características indicadas por el fabricante, debiendo cumplir los valores de referencia indicados.
- **Garantías:** El fabricante, suministrador, distribuidor o instalador aportará las garantías que estime oportunas, que en cualquier caso no serán inferiores a un plazo de 5 años para cualquier elemento o material de la instalación.

El conjunto de luminaria LED seleccionado deberá cumplir con los parámetros luminotécnicos establecidos según las Normas vigentes, superando las prestaciones en cuanto a calidad de iluminación tanto para conductores de vehículos como para peatones, deberá mejorar el factor de eficiencia energética, disminuir el consumo de energía eléctrica y en la inversión debería ser recuperada en un tiempo prudencial.

e.2.2.1.2. Metodología para la selección de una Luminaria LED

Se deberá hacer una investigación general de todos los equipos disponibles en el mercado nacional, posteriormente con todas las opciones posibles se deberá elaborar una tabla que permita comparar entre sí las prestaciones de cada una de estas opciones.

Tomando en cuenta las necesidades y características del sistema actual de iluminación pública de la avenida; y comparándolas con las lámparas disponibles, se deberá tomar la decisión más adecuada en cuanto a la selección de una luminaria con tecnología LED que podría reemplazar a las que están instaladas actualmente.

e.2.2.2. Recopilación de información y datos técnicos de sistemas de Telegestión del Alumbrado Público

Para analizar y determinar las posibles alternativas de telegestión del servicio de Alumbrado Público para la avenida Pío Jaramillo Alvarado, se evaluaron las funciones y las arquitecturas de las tecnologías más adecuadas y que sean de fácil acceso, para lo

cual se recopiló información de los posibles proveedores de sistemas de telegestión detectados en la WEB.

Primeramente se debe conocer los principios básicos de un sistema de telegestión, sus niveles y componentes para estar en la capacidad de solicitar información técnica y económica a las empresas ofertantes. Para solicitar la información se debe considerar y tomar en cuenta todos y cada uno de los elementos necesarios para la implementación del sistema ya sean los incluidos en el Sistema de Telegestión así como también aquellos que complementarían su instalación y montaje.

Luego de una búsqueda general de proveedores y sistemas, se elabora una matriz en la cual se comparan las características técnicas, económicas, ventajas y desventajas de los medios de telegestión. Haciendo un buen uso de esta matriz y considerando los factores más importantes para la selección definitiva de un método de telegestión, se podrá llegar a determinar la mejor alternativa que podría ser tomada en cuenta para un piloto de alumbrado público telegestionado para de la Avenida Pío Jaramillo.

Entre otras, las prestaciones que debe brindarnos un sistema de telegestión son las siguientes:

- Ahorro energético por control horario, ajustándose lo máximo posible a las horas nocturnas.
- Reducción de costos en la factura eléctrica.
- Reducción de contaminación lumínica y emisiones de CO₂.
- Incremento de la vida útil de la luminaria.
- Regulación en periodo configurable de la noche.
- Cortos periodos de amortización.
- Variación de los tiempos de encendido de manera inteligente y autónoma por los controladores.
- Control autónomo de cada una de las luminarias de la vía (no se requiere de controladores o pulsadores adicionales).
- Control horario de las luminarias (encendido/apagado de la línea de alimentación).
- Configuración de los niveles de iluminación.

e.2.2.3. Selección de las luminarias con tecnología LED para el Alumbrado Público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado

Ya conociendo las características civiles, eléctricas y luminotécnicas del Alumbrado Público del sector en estudio, procedemos a definir la nueva luminaria con tecnología LED que más convenga implementar para la iluminación pública en la Avenida Pío Jaramillo.

Inicialmente se hizo un compendio de las empresas ofertantes de esta tecnología en el país y de todas las luminarias LED para alumbrado público ofertadas, en términos generales se elaboró una tabla con todas las luminarias y las características a considerar para la selección final.

En la tabla 18, expuesta a continuación se detallan las empresas más destacadas que en el mercado nacional distribuyen luminarias con tecnología LED, las marcas y modelos que con los que cuentan para la iluminación de vías públicas.

Tabla 18. Empresas proveedoras de Tecnología LED en Ecuador. Marcas y Modelos

EMPRESA	MARCA	MODELO	PAÍS DE ORIGEN DE TECNOLOGÍA
Schröder Ecuador	Schröder	Akila	Alemania
		Teceo 2	
DathaLights	GreenStar	GALAXY	EE.UU.
	SHYLON	SL 7290	China
	GRAH Automotive	LSL 90	Eslovenia
Luminatti	Spark	SPL-96	China
		SPL-144	
Proviento	BBELED	LU-4	China
		LU-6	

Fuente: Autor.

A continuación se presenta un listado con sus características técnicas, de los modelos que se ofertan en el mercado nacional, y que se apegan a las necesidades de iluminación del sector estudiado.

Tabla 19. Características de las Luminarias LED disponibles en el Mercado Nacional

	Rendimiento Luminoso (lm/w)	Flujo Nominal (lm)	Potencia (W)	Temperatura de Color (°K)	Vida útil promedio (hs)	Protección
Akila 144	115,19	18200	158	4100	60000	IP 66
Akila 192	126,56	24300	192	4100	60000	IP 66
Teceo 2 – 136	115,44	17200	149	4100	60000	IP 66
Teceo 2 – 144	115,19	18200	158	4100	60000	IP 66
GALAXY GL66-XD	78,50	11775	150	4300-6000	50000	IP 65
GALAXY GL72-XD	78,20	12825	164	4300-6000	50000	IP 65
SL 7290A-98	-	-	120	3000/5000-7000	50000	IP55
LSL 90	76,23	9300	122	4200	60000	IP 66
SPL-96	95	10925	115	3000-5700	50000	IP 66
SPL-144	95	15675	165	3000-5700	50000	IP 66
LU-4	75	8400	112	3000-7000	50000	IP 65
LU-6	76,19	12800	168	3000-7000	50000	IP 65

Fuente: Catálogos de Luminarias

Ahora bien, es necesario recalcar que se trató de obtener la mayor cantidad de información de las luminarias que potencialmente integrarían el sistema de Alumbrado Público por diseñarse, pero por cuestiones de privacidad de las empresas no se pudo conseguir la información en su totalidad.

En función de los parámetros de selección, de las características técnicas y de la facilidad para obtener la información tanto económica como de sus fotometrías los modelos pre-seleccionados para la elaboración de un modelo de iluminación con tecnología LED son las siguientes:

Tabla 20. Características de las Luminarias LED Preseleccionadas

	Rendimiento Luminoso (lm/w)	Potencia (W)	Vida útil promedio (hs)	PRECIO	Fotometría	Empresa
GALAXY GL66-XD	78,50	150	50000	1272,60	Si	DataLights
GALAXY GL72-XD	78,20	164	50000	1492,60	Si	DataLights
LU-4	75	112	50000	710,00	No	ProViento
LU-6	76,19	168	50000	990,00	No	ProViento

Fuente: Autor.

A partir de estos modelos podemos emprender con un estudio técnico y económico con el fin de determinar definitivamente el modelo de luminaria LED propuesto para el plan piloto de Alumbrado Público Telegestionado en la Avenida Pio Jaramillo Alvarado.

Como resultado final, la lámpara que será tomada en cuenta para el estudio es GALAXY GL72-XD cuya potencia es de 164W.

Se debe destacar también, que las luminarias LU-4 y LU-6 fueron descartadas debido a que no cuentan con la configuración para ser telegestionadas, y a pesar de ser más económicas, se optó por las GALAXY GL72-XD.

Como justificativo para la utilización de una Luminaria LED en el Sistema Piloto en estudio, hay que puntualizar que la instalación en este tipo de luminarias de los controladores no requiere mayor complejidad, en comparación con las luminarias de vapor de sodio de alta presión y las de inducción magnética.

e.2.2.3.1. Características de las luminarias seleccionadas para el presente estudio

A continuación se presentan las características más relevantes de la luminaria seleccionada Galaxy- GLX72-XD.

- Mejor color que Sodio de Alta Presión
- No usa mercurio ni emite luz ultravioleta

- Cero costos de mantenimiento
- Más luz con menos consumo (60 mil horas de vida)
- Encendido instantáneo y atenuable
- Ahorros energéticos de 50-80%



Figura 39. Luminaria Galaxy- GLX72-XD

Fuente: greenstar.com

Para el diseño de un sistema de iluminación, estas son las características más importantes:

Tabla 20. Características de Iluminación y de consumo de la Luminaria Galaxy- GLX72-XD

Rendimiento Luminoso (lm/w)	Flujo Nominal (lm)	Potencia (W)	Número de LEDs	HID Equivalente (W)	Temperatura de Color (K)	Vida útil promedio (hs)	Protección
78,20	12825	164	72	500	4300-6000	60000	IP 65

Fuente: Catálogo Luminaria Galaxy- GLX72-XD

La Luminaria Galaxy- GLX72-XD cuenta con importantes características de diseño, mismas que destacamos a continuación:

- Sistema avanzado de disipación de calor para garantizar durabilidad
- Microcontrolador inteligente para emitir la cantidad de luz deseada
- Diseño modular para agilizar cualquier reparación, remplazo o mejora.
- Protección contra picos de voltaje.
- Diseño exterior de vanguardia



Figura 40. Características de diseño de la GLX72-XD

Fuente: Catálogo Luminaria Galaxy- GLX72-XD

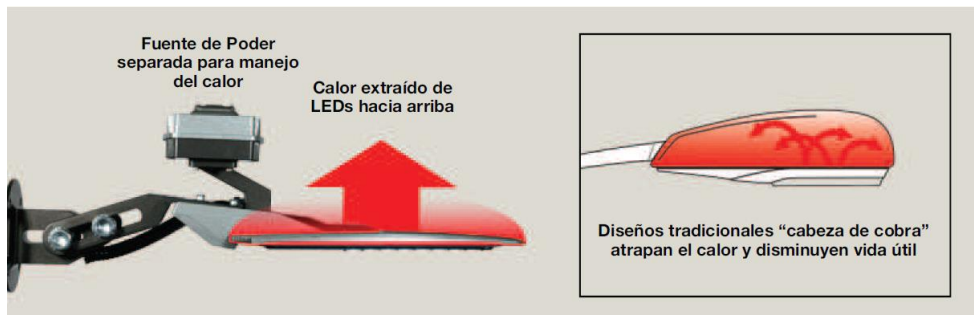


Figura 41. Esquema de disipación de Calor en la GLX72-XD

Fuente: Catálogo Luminaria Galaxy- GLX72-XD

Finalmente, en la tabla 21 expuesta a continuación, se exponen las especificaciones técnicas de la GLX72-XD.

Tabla 21. Especificaciones técnicas de la GLX72-XD

ELECTRICAS	
Voltaje de Entrada	90-285 VAC standard / 400-500 VAC opcional
Rango de Frecuencia	50/60Hz
Factor de Potencia (PF)	>0.95
Protección variaciones red	10 KV, MOVs and Arc Tubes

Distorsion Armónica Total (Thd)	<10%
Corriente	700mAmps
ÓPTICAS	
Fuente de Luz	Philips Lumiled® LUXEON Rebel >60,000 hours
Temperatura del color (°Kelvin)	4,100 K to 6,000 K
Diseño Personalizado Fuente del Objetivo	Ledil
Eficiencia en la Entrega de Luz	>90%
Patrón de Haz	Ultra-Wide (Tipo III / IV Tipo Híbrido)
Valoración de Entrega de Luz	Cutoff (Dark Sky certified)
AMBIENTALES	
Temperatura de funcionamiento	-40C to +50C; -40F to +122F
Certificaciones	ETL (to UL standards), CE, RoHS, NOM, FIDE, meets IP65, IESNA, Dark Sky
MECÁNICAS	
Dimensiones	922 x 280 x 264 mm / 36.2 x 11 x 10.4 in
Peso	10.5 Kgs / 23.1 lbs
Material de la Carcasa	Aleación de aluminio
Material de la lente	PMMA de calidad Óptica y alta resistencia a impactos
Montaje	Estándar para brazo de poste de 1.25 "a 3" y en pared

Fuente: Catálogo Luminaria Galaxy- GLX72-XD

e.2.2.4. Selección del método de telegestión adecuado que se pueda incorporar al sistema de iluminación con la luminaria LED seleccionada

Para el presente estudio se consideró a dos proveedores que ofertan sistemas de telegestión en el mercado nacional. Los motivos por los cuales se tomó en cuenta a los proveedores antes citados entre otros son:

- Presencia Local.
- Soporte Técnico.
- Garantía.
- Facilidad de Información (Detalles y costos).
- Soporte en Sitio.

A continuación se presenta una tabla en la que se indican sus características generales.

Tabla 22. Características de los Sistemas de Telegestión disponibles en el Mercado Nacional

Proveedor	ISDE	SCHREDER ECUADOR
Sistema	ISDE	OWLET
Arquitectura	Powerline	Zigbee
Tipo de red	Powerline	RF
Velocidad de transmisión	56 kbps	250 kbps
Control de luminarias por cuadro o cabina de control	64 O N	150
Topología	Powerline	Malla
Protocolo de comunicación	Ethernet, Wimax, Wifi, GPRS/3G	ADSL, GPRS o 3G Protocolo de comunicación abierto ZigBee.
Equipos principales de telegestión	ASL-XXX y ICAAL 0 – 10 equipo de control instalado en cada punto de luz. Controlador de cuadro, Se comunica con el centro de supervisión. Software de gestión Recepción de toda la información.	CoCo Versión encapsulada para montaje en-poste y poder controlar el punto de luz. LuCo Luco es la opción si desea instalar el sistema dentro de las luminarias. SeCo El Seco gestiona un segmento de hasta 150 unidades de CoCo y Luco.

Fuente: Catálogos y páginas Web de Sistemas de Telegestión

Ahora bien, en función de las características técnicas y económicas planteadas, y de la disposición de la red eléctrica del sistema de iluminación estudiada, decidimos optar por el sistema de telegestión Owlet de Schreder a pesar de que su costo es mayor que el sistema de telegestión de la empresa ISDE, por los siguientes motivos:

- La arquitectura Zigbee versus la Powerline tiene mayores prestaciones y menores problemas en su funcionamiento.
- Con Powerline se tiene una presencia de Ruido, alta atenuación y distorsiones. Además surge la necesidad de colocar refuerzos y se requiere un detalle exacto de la red. Este sistema es más eficaz en la transmisión de fuerza, mas no de datos.
- Otra gran desventaja del Powerline es que la transmisión tiene problemas al pasar por un transformador.
- El sistema de Iluminación pública estudiado no cuenta con una propia fuente de alimentación. Por lo tanto, en zonas mixtas con muchos consumidores, a menudo se producen perturbaciones en la red eléctrica. Incluso a veces ni siquiera todas las luminarias en una red de alumbrado para carreteras están conectadas a la misma red de suministro. En esos casos con Powerline no se puede garantizar que un sistema de alumbrado público funcione sin problemas.
- Owllet Nightshift cuenta con una red que puede comunicarse sin interrupciones, en cualquier parte del mundo y fácil de operar, es por eso que se utiliza la tecnología inalámbrica en nuestro sistema de telegestión.
- Con ZigBee se garantiza una red de comunicaciones inalámbrica estable incluso cuando se producen gran cantidad de interferencias. A pesar de gran interferencia, la red ZigBee comunicó 10 veces mejor que una red de línea eléctrica directa (PLC).

Tabla 23. Diferencia entre telegestión Inalámbrica y Powerline

MODO DE TELEGESTIÓN	COMUNICACIÓN	CONFIABILIDAD	TECNOLOGÍA
POWER LINE	Por Cable	Poca (Depende de la red Eléctrica y factores externos)	Patentada (Cada fabricante tiene una)
INALÁMBRICO	Inalámbrico	Elevada (Las luminarias se apoyan entre sí)	Libre (Posibilidad de Implementación por etapas)

Fuente: Autor.

Por todos estos motivos, es justificable la utilización del sistema de Telegestión Owlet, básicamente por su sistema eficiente de comunicación inalámbrica.

e.2.2.4.1. Características del Sistema de Telegestión seleccionado para el presente estudio

El sistema Owlet de Schreder, es un sistema desarrollado en Alemania, que busca controlar el sistema de alumbrado público y recibir información de cada una de las luminarias y sus partes sin importar cuán grande o complejo sea el sistema, mediante aparatos instalados en las luminarias del sistema de alumbrado público de manera remota por internet.



Figura 42. Arquitectura del sistema de Telegestión Owlet

Fuente: Owlet Nightshift (Schreder Group).

Es un sistema de control remoto que supervisa, almacena y gestiona información sobre el funcionamiento de todas las partes del sistema de iluminación pública. Esto quiere decir que se puede, desde una computadora remota, celular, Tablet o cualquier dispositivo que se conecte a internet, controlar a la luminaria y a sus componentes. Además de poder recibir información casi instantánea del estado de cada una de estas luminarias en todo el sistema de alumbrado público.



Figura 43. Control remoto con Tecnología Owlet

Fuente: Owlet Nightshift (Schröder Group).

Owlet funciona basado en el protocolo ZigBee, que es una red inalámbrica ampliamente utilizada en diversas industrias donde la transmisión de datos es muy segura, rápida y fiable. El sistema ayuda a localizar y controlar la instalación en mapas geográficos de cada luminaria instalada, acceso a informe predefinidos (consumo, fallas de componentes, etc.), configurar el sistema de alumbrado público, controlar el consumo individual de cada luminaria según el consumo deseado y horario deseado, cambiar los horarios de encendido y apagado de cada luminaria, etc. Todo esto se puede visualizar en la página web del sistema.

Toda la información que se recibe se almacena en una base de datos para que estos estén disponibles a largo plazo para su evaluación, análisis y medición de la energía eléctrica, la estimación del tiempo de vida económica de la lámpara, la detección de problemas, localizar y controlar la instalación de luminarias mediante mapas geográficos, la revisión de informes, administración y regulaciones de perfiles por el administrador de alumbrado público, ahorrando horas de trabajo y planificación a Municipios y/o empresas eléctricas; todo mediante una página web del sistema que es tan o más fácil que navegar en internet. Controlando de una manera altamente efectiva la cantidad y reducción del consumo de energía eléctrica en cada una de las luminarias instaladas.

Los sistemas de control de Schröder Owlet evitan el exceso de iluminación y una pérdida de energía gracias a funciones inteligentes tales como:

- Emisión de flujo constante (CPO),
- Potencia Virtual (PV) y
- Emisión selectiva de flujo luminoso (SDLO).

EMISIÓN DE FLUJO CONSTANTE (CPO)

El CPO es un sistema que permite compensar la depreciación del flujo luminoso y evitar un exceso de iluminación al inicio de uso de su instalación.

En efecto, para asegurar durante la vida de la luminaria un nivel de alumbrado predefinido, hay que tener en cuenta la depreciación luminosa que se produce con el tiempo.

Sin telegestión, se aumenta la potencia inicial instalada para paliar la depreciación luminosa. Controlando el flujo luminoso de forma precisa, se controla la energía necesaria, para alcanzar el nivel requerido, ni más ni menos, en cada momento de la vida de la luminaria.

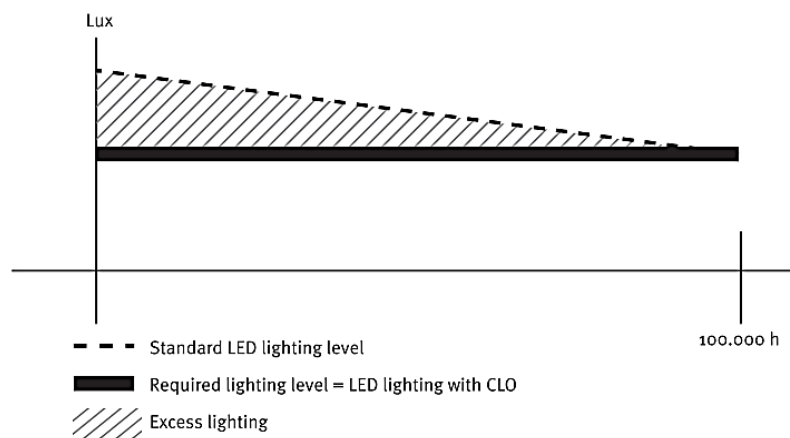


Figura 44. Emisión de flujo constante (CPO) sistema Owllet

Fuente: Owllet Nihgtshift (Schröder Group).

POTENCIA VIRTUAL (PV)

Para alcanzar los niveles de iluminación requeridos, no se cuenta con la potencia de las fuentes luminosas ya que éstas son impuestas por el fabricante. Sin telegestión, un gestor de alumbrado de parques deberá utilizar una lámpara de 100 W para alcanzar el nivel de iluminación, aunque basten 85 W.

Con telegestión se puede variar la intensidad lumínica de forma que corresponda al nivel requerido sin pérdida de energía.

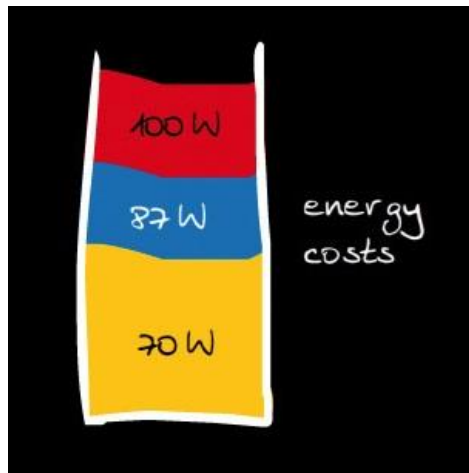


Figura 45. Potencia virtual (PV) sistema Owlet

Fuente: Owlet Nihgtshift (Schröder Group).

EMISIÓN SELECTIVA DE FLUJO LUMINOSO (SDLO)

El sistema de telegestión OWLET permite ajustar la intensidad lumínica en función de la densidad del tráfico. Todo ello respetando las normas internacionales de alumbrado.

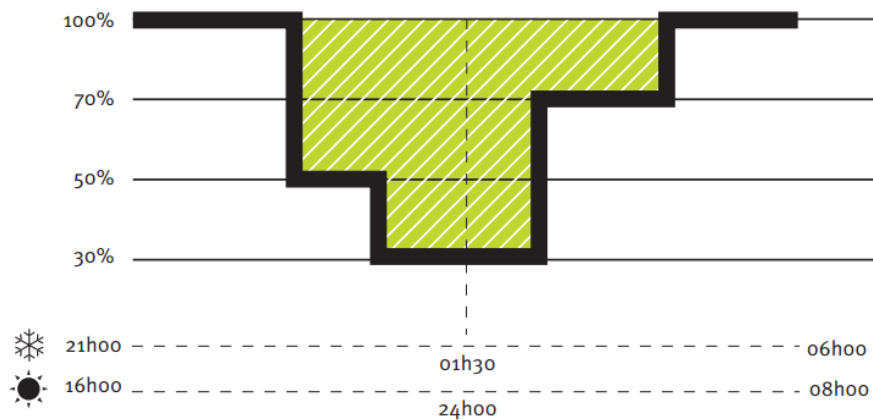


Figura 46. Emisión selectiva de flujo luminoso (SDLO) sistema Owlet

Fuente: Owlet Nihgtshift (Schröder Group).

PRINCIPALES BENEFICIOS

1. Ahorro Energético
2. Medidas de consumo energético exactas

3. Optimización del mantenimiento
4. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
5. Mejora la fiabilidad y la seguridad de la red de alumbrado
6. Tecnología sencilla e intuitiva
7. Facilidad de uso

ELEMENTOS

1. Controlador de Luminaria (LuCo)
2. Controlador de Segmento (SeCo)
3. OWLET Web-UI/Servidor Web

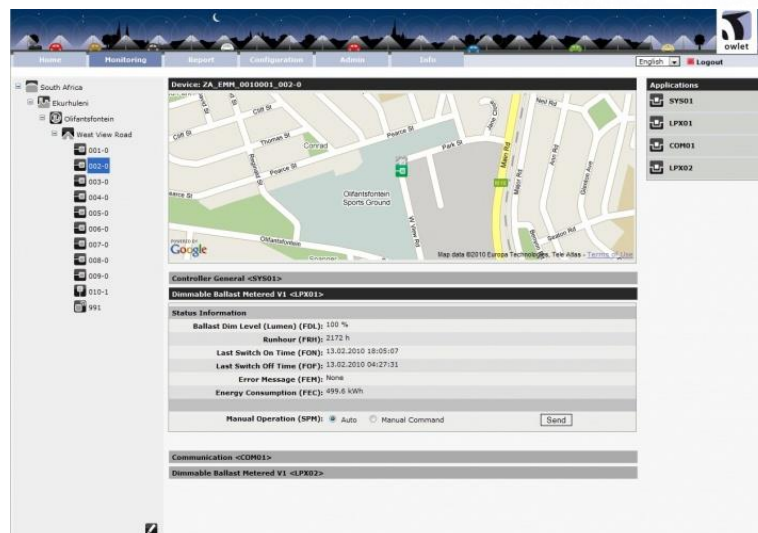


Figura 47. Elementos que integran el Sistema de Telegestión Owlet

Fuente: Owlet Nihgtshift (Schröder Group).

e.2.2.5. Elaboración de un método de control del sistema de telegestión acoplado al de iluminación con LED.

Ya conociendo el tipo de luminaria LED y el sistema de Telegestión seleccionados, es necesario elaborar el protocolo de comportamiento del conjunto, teniendo muy en cuenta el flujo vehicular y peatonal de la avenida.

Es importante mantener un orden adecuado en cuanto el encendido y apagado de las luminarias en horarios adecuados, para evitar gastos innecesarios de energía o por lo contrario encendidos tardíos que disminuyen la calidad del sistema de iluminación.

Otro punto clave para que el sistema de Telegestión sea rentable radica en la dimerización, es decir la variación del nivel de iluminación en diferentes horas de la noche, en función siempre de los horarios y del uso que se dé a la avenida, en cuanto a densidad vehicular y peatonal.

Teniendo presentes las consideraciones anteriores, se procede a planificar el método de control del Sistema de telegestión para el alumbrado público de la Avenida Pío Jaramillo Alvarado. Este protocolo queda establecido de la siguiente manera:

Tabla 24. Propuesta para regulación de Intensidad Luminosa del Sistema

Horario	Intensidad de Iluminación (%)
18:30 – 23:00	100%
23:00 – 05:00	60%
05:00 – 06:30	100%

Fuente: Autor.

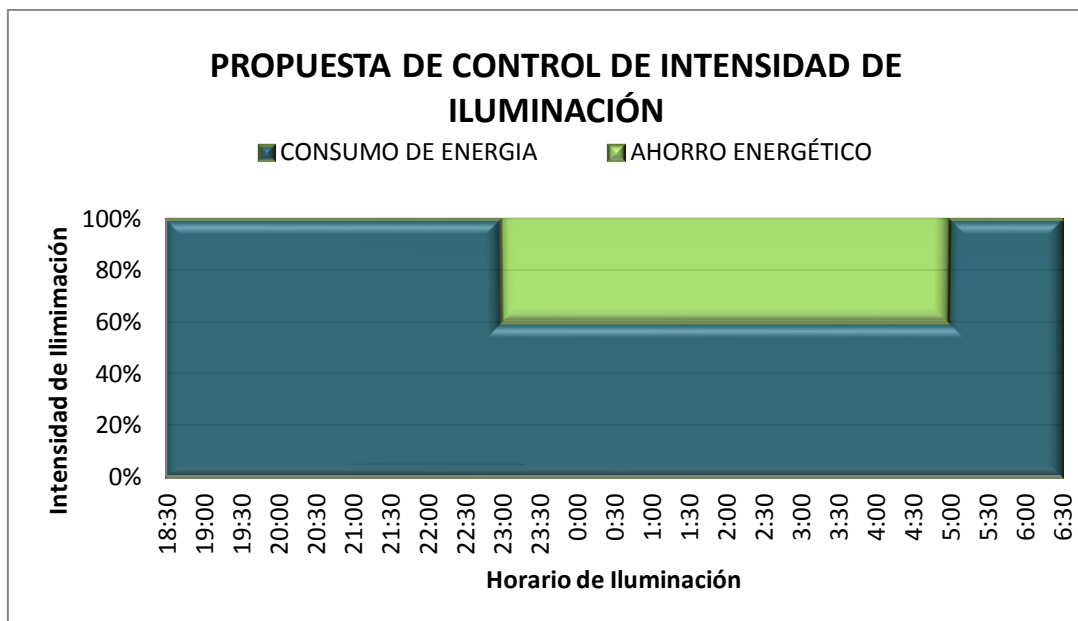


Figura 48. Propuesta de Regulación de la Intensidad Luminosa del AP de la Avenida Pio Jaramillo A.

Fuente: Autor.

El motivo por el cual se seleccionó estos horarios e intensidades, radica fundamentalmente en el flujo vehicular y peatonal de la avenida, siendo el horario entre las 18H30 y 23H00 de alta circulación vehicular, posteriormente se plantea reducir la intensidad luminosa hasta un 60% de su capacidad debido a que el flujo vehicular y peatonal es mínimo y luego retomar el 100% de la intensidad desde las 05H00 hasta las 06H30 horario en el que se apagan las luminarias.

Cabe recalcar que esta planificación es aproximada ya que el horario de encendido y apagado del sistema puede variar en función de los fenómenos climatológicos y de las etapas del año en que el amanecer y anochecer se adelantan o retrasan. Pero generalmente el intervalo de tiempo en el que está encendido el Sistema es de 12 horas diarias.

e.2.3. PROCESO DE SIMULACIÓN DEL PLAN PILOTO DE ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED

Después de hacer el estudio de las condiciones de iluminación de la Avenida seleccionada, se evidenció que el sistema de alumbrado no tiene una uniformidad aceptable, y con ello se determinó que no existe una buena iluminación.

Tal y como se consideró en la revisión de literatura, el software utilizado para la simulación del comportamiento del sistema de iluminación proyectado será el DIALUX, ya que es un programa cuya utilización es amigable con el usuario y además está avalado por los organismos que regulan las normativas de iluminación de exteriores, entre ellos destaca la Comisión Internacional de Iluminación CIE. Este software es capaz de facilitar los cálculos para la implementación de un nuevo sistema de alumbrado, a través de simulación con parámetros y condiciones existentes en la zona. Además el DIALux es un software que permite utilizar las fotometrías de la mayor parte de los principales fabricantes de luminarias en el mundo a través de sus Plugins.

El proceso que se siguió para la simulación de iluminación en la Avenida Pio Jaramillo Alvarado se está comprendido en las siguientes etapas:

- Introducción de datos de planificación.
- Introducción de datos de luminarias.
- Definición de características.
- Calculo de variables de iluminación.
- Obtención de resultados.

Al instalar el DIALUX este incluye asistentes para la selección adecuada de los datos que requiere el software para desarrollar la simulación.



Figura 49. Menú de Inicio del DIALux

Fuente: Simulación en DiaLux.

Al hablar de asistentes, se puede destacar el de “Planificación Rápida de Viales” que nos sirve para realizar una simulación rápida del escenario que se está diseñando. También se cuenta con el “Asistente para determinar la Situación de Iluminación” que sirve para obtener la clasificación de las vías en estudio en función de las velocidades de los vehículos que la transitan y de los usuarios principales de esta.

Ahora bien, al ingresar al software tenemos dos opciones para realizar el diseño de un sistema de iluminación, el uno mediante el asistente de “Planificación Rápida de Viales” y el otro utilizando la Guía de Diseño que está ubicada en el extremo derecho de la interface del software. Sea cual sea la opción seleccionada el resultado obtenido será igual en ambos casos.

Seleccionamos la opción de la Planificación Rápida de Viales. Y damos click en siguiente.

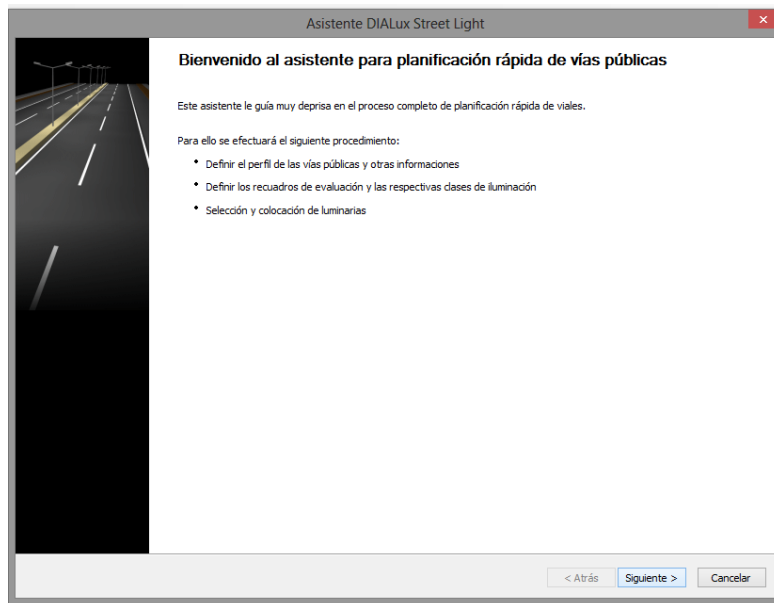


Figura 50. Asistente DIALux Street Light

Fuente: Simulación en DiaLux.

Nos aparece una ventana en la que nos indica el procedimiento que seguirá el software para llegar al resultado deseado. Damos click en siguiente.

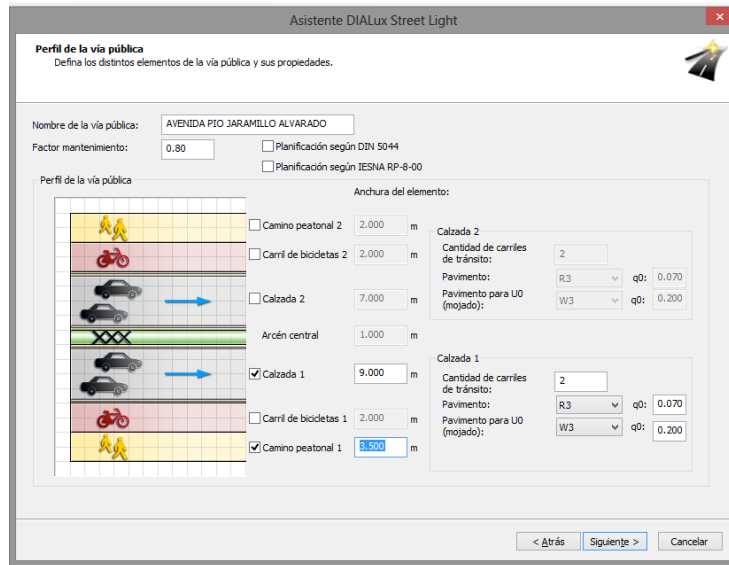


Figura 51. Edición de perfil de la Vía Pública

Fuente: Simulación en DiaLux.

En esta ventana, nos es posible editar los elementos que componen la avenida, es decir la calzada, parterre, caminos peatonales. Se edita las longitudes de cada una de estas variables; se define el factor de mantenimiento, número de carriles y clasificación del pavimento. Luego de haber llenado todos los campos requeridos damos click en siguiente.

A continuación se despliega una opción que nos pide seleccionar la clase de iluminación requerida para cada recuadro de evaluación, en este caso particular los recuadros de evaluación son el camino peatonal y la calzada. Para determinar la clase de iluminación se toma cada recuadro por separado y se despliega un asistente para determinar la clase de iluminación. Este asistente abarca todas las variables que inciden en la determinación final de la clase de iluminación.

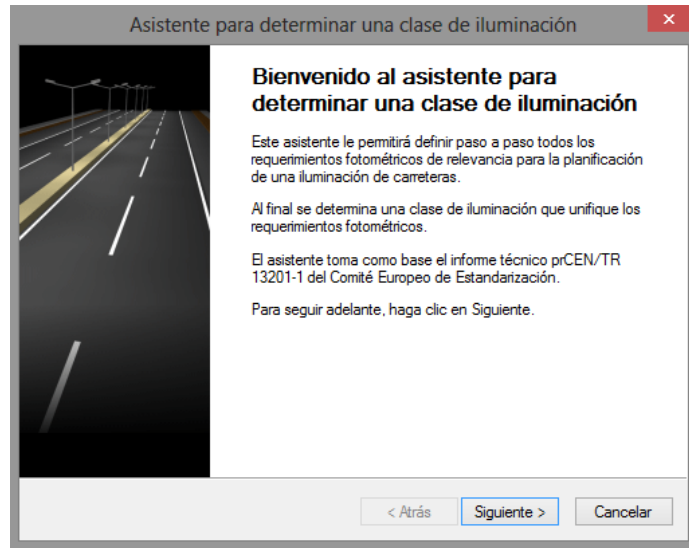


Figura 52. Asistente para determinar la clase de iluminación.

Fuente: Simulación en DiaLux.

Ya contando con las clases de iluminación de nuestro proyecto, damos paso al siguiente punto del proceso en el cual aparecen los parámetros que serán evaluados para cada recuadro de evaluación. Depende de cada diseñador tomar en cuenta que parámetros escoger para su estudio.

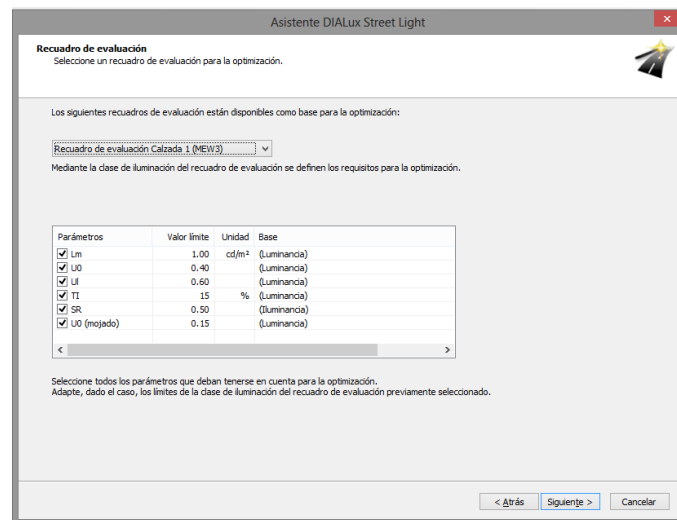


Figura 53. Parámetros de Evaluación

Fuente: Simulación en DiaLux.

En esta etapa del diseño hay una opción en la que se puede escoger si en alguna de las variables no es necesariamente importante que se llegue a sus valores permitidos y

tomando como válidas opciones en las que los límites estén cerca del límite mínimo permitido, elaborándose una lista sustitutiva. Si consideramos esta opción, se selecciona el parámetro variable y damos click en siguiente.

A continuación se presenta la opción de escoger la luminaria para el sistema que estamos diseñando. Existen tres formas de obtener las fotometrías de las luminarias existentes en el mercado:

1. Archivos existentes en la base local del software.
2. Archivos y/o Plugins que se elaboran para ser usados en el DIALux, y que pertenecen a las varias de las marcas de fabricantes de luminarias en todo el mundo. Estos Plugins son de fácil descarga y aplicación en el software.
3. Descarga de las fotometrías de las luminarias en formato **.ies** para posteriormente importarlas al software. Este proceso se realiza cuando las marcas no cuentan con un Plugin aplicable para el DIALux.

En el caso particular de nuestro estudio se realizó el tercer procedimiento, ya que la luminaria seleccionada para el estudio es el modelo Galaxy de la marca Green Star. El archivo **.ies** se encuentra disponible para la descarga en la página web de la empresa. Se procede a la importación de la fotometría al software utilizando el menú **selección de luminarias**.



Figura 54. Menú para importar fotometrías al software.

Fuente: Simulación en DiaLux.

Volviendo al asistente para el diseño, ya teniendo a nuestra disposición la luminaria que vamos a utilizar, la seleccionamos, comprobamos que sus características sean las adecuadas, a continuación damos click en siguiente.

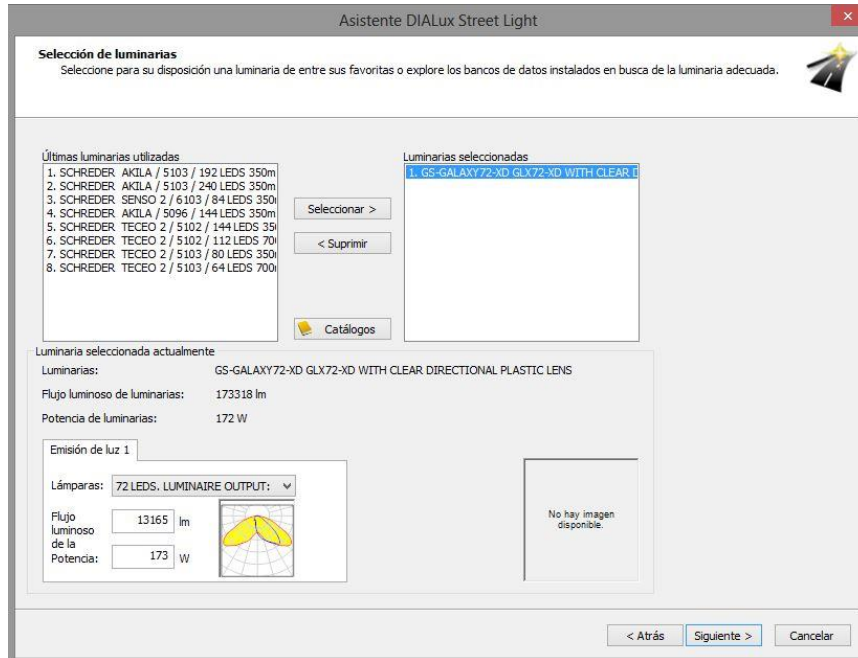


Figura 55. Selección de la luminaria requerida para el diseño.

Fuente: Simulación en DiaLux.

A continuación se despliega una ventana en la que se deberá especificar lo siguiente:

- Parámetros que pueden variar para la optimización (distancia entre postes, altura del punto de luz, saliente del punto de luz, inclinación). Mientras más parámetros se seleccionen como variables, más serán los resultados obtenidos.
- Si los parámetros citados anteriormente son fijos, se debe especificar su magnitud, es decir si la altura de los puntos de luz en nuestro diseño es igual para todas las luminarias, se deberá fijar su valor.
- Se debe especificar la distancia entre el poste y la calzada o la longitud del brazo de la luminaria.
- También se deberá establecer la disposición deseada de las luminarias en la vía.

Ya contando con todos los campos fijados, damos click en siguiente.

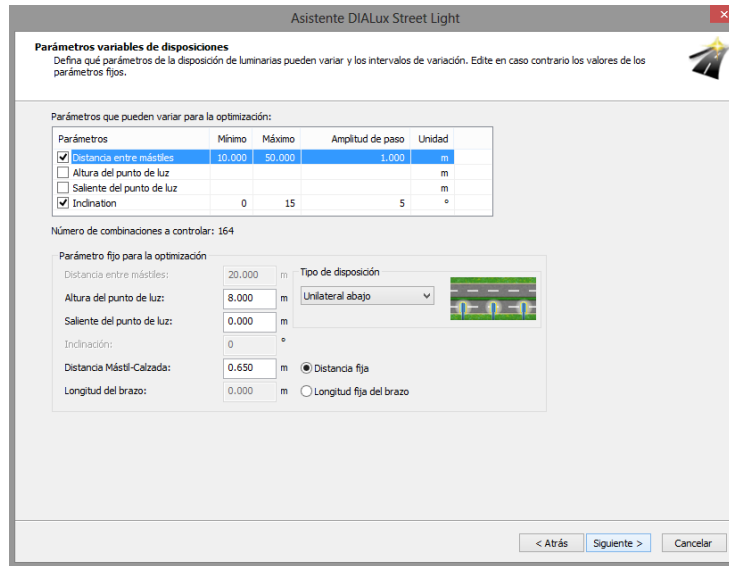


Figura 56. Selección de Parámetros fijos y variables para diseño

Fuente: Simulación en DiaLux.

A continuación se despliegan varias propuestas de disposición de luminarias para su selección en función de los parámetros establecidos anteriormente. Nos aparecen tanto variables adecuadas (que satisfacen todos los requisitos), como también variables inadecuadas. Procedemos a seleccionar la variable que más se apege a nuestros requerimientos y damos click en siguiente. Cabe destacar que estos resultados pueden ser exportados a una base de datos para su estudio más detallado.

Distribución de las variantes de disposición:
Adecuado: 100, aprox. adecuado: 0, insuficiente: 64

Separación [m]	Altura [m]	Saliente sobre la calzada [m]	Inclinación [°]	Tipo	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
☑ Variantes adecuadas (satisfacen todos los requisitos)									
34.000	8.000	1.000	0	(1)	2.11	0.46	0.72	13	0.51
34.000	8.000	1.000	5	(1)	2.01	0.48	0.71	13	0.54
34.000	8.000	1.000	10	(1)	1.89	0.50	0.71	12	0.55
34.000	8.000	1.000	15	(1)	1.76	0.53	0.70	12	0.54
33.000	8.000	1.000	0	(1)	2.17	0.46	0.74	13	0.50
				valores...	1.00	0.40	0.70	15	0.50

Figura 57. Presentación de variables disponibles para el diseño.

Fuente: Simulación en DiaLux.

Por ultimo aparece una ventana en la que indica la finalización del proceso y nos marca la opción para calcular de inmediato la calle creada. Click en finalizar. Inmediatamente tenemos la opción de seleccionar las escenas y opciones para el cálculo. Seleccionamos y aceptamos.

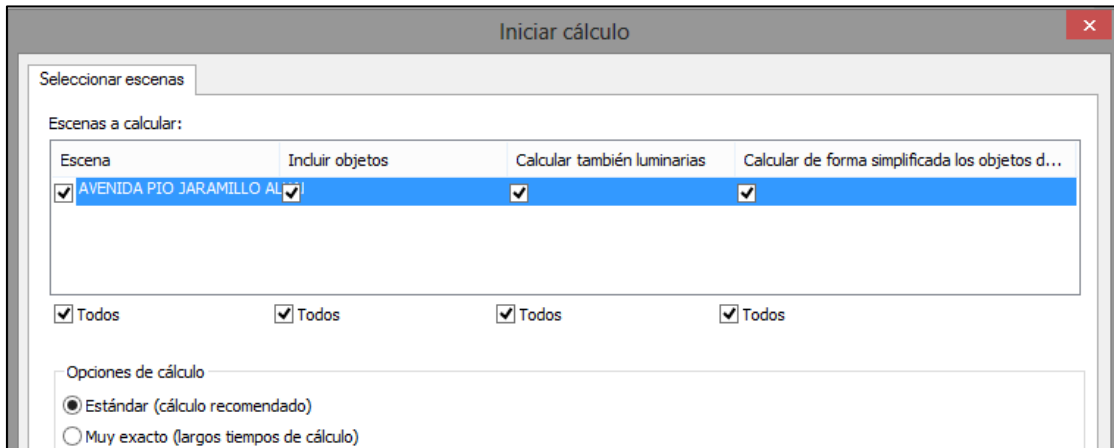


Figura 58. Ventana para inicio de cálculo.

Fuente: Simulación en DiaLux.

Cabe recalcar que todo el proceso que ha venido siendo detallado, puede ser meditado en función de las necesidades que le vayan surgiendo al diseñador. Se pueden agregar o eliminar elementos, cambiar el tipo de luminarias y editar las magnitudes civiles de la avenida.

El producto final del diseño es la simulación del escenario creado, que nos da una idea general del aspecto que pretendemos dar a la Avenida con la inclusión de la tecnología de iluminación LED para la Avenida Pío Jaramillo Alvarado.

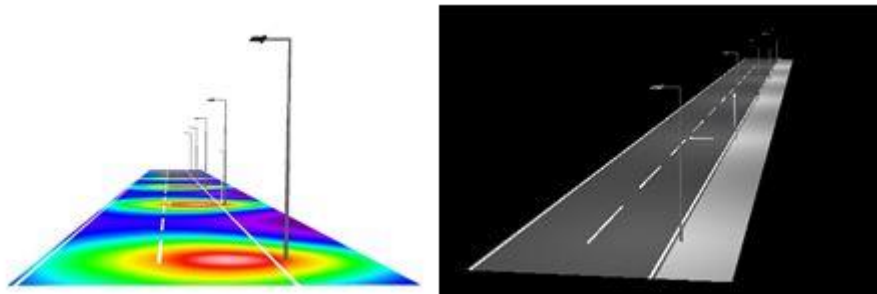


Figura 59. Visualización en 3D de Simulación del diseño.

Fuente: Simulación en DiaLux.

Los valores obtenidos del proceso se expresan en la sección de resultados y las fichas técnicas resultantes del proyecto creado se exponen en la sección de anexos.

e.2.4. ESTUDIO ECONÓMICO TÉCNICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TELEGESTIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED

Se plantea un estudio económico con el fin principal de conocer el costo total que se tendría que invertir para lograr mejorar la calidad de iluminación de la avenida y llegar a tener los resultados deseados.

Para realizar el análisis respectivo es necesario describir las siguientes acotaciones.

1. Se deben considerar los rubros de todos los elementos que inciden en la implementación de un nuevo sistema y compararlos a estos con los costos de operación, reposición y mantenimiento del sistema original
2. Costo promedio de Energía es USD 0,10 dólares por kWh
3. Costo anual promedio de operación y mantenimiento por luminaria es de \$60 dólares americanos.
4. El ahorro por operación y mantenimiento anual con el sistema de telegestión con tecnología LED es del 30%, en este caso el valor ahorrado es de \$18 por luminaria anual.
5. Al realizar este cálculo se tomará como referencia un tiempo de 20 años, tiempo que se estima que duraría el sistema de telegestión proyectado, a lo largo de este periodo se incluirán todos los costos de operación y mantenimiento tanto del sistema convencional como del proyectado.

f.- RESULTADOS

f.1. DEFECTOS DETECTADOS DEL ACTUAL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO

Luego de un recorrido a lo largo de la avenida Pío Jaramillo Alvarado de la ciudad de Loja, se pudo constatar visualmente y en primera instancia que el estado físico de los elementos que componen el Sistema de Alumbrado Público no es bueno, a continuación se detallan los aspectos en los cuales se considera que existen falencias que inciden en el comportamiento del sistema y que deberían ser corregidas.

1. Luminarias sin difusor.
2. Equipos de control de encendido descalibrados y/o desfasados.
3. Conjunto de luminaria en mal estado. Lámparas totalmente desprotegidas.
4. Lámparas que no encienden.

Siendo más específicos, se detalla en números las falencias citadas anteriormente en función del número total de luminarias.

Tabla 25. Detalle de estado de luminarias.

DETALLE	CANTIDAD
Luminarias con cristal protector	123
Luminarias sin cristal protector	60
Luminarias que no encienden	3

Fuente: Autor

En función de los datos presentados, podemos determinar inicialmente que en cuanto al estado físico de luminarias y componentes, el servicio de Alumbrado Público está siendo afectado en cuanto a la calidad del mismo.

El hecho de que una luminaria no tenga su cristal protector implica que esta está expuesta al medio exterior sin protección tanto de hermeticidad ante las lluvias como contra golpes; esto afecta el rendimiento de la lámpara y disminuye su vida útil.

Es evidente además que la mayoría de las luminarias tienen muchos años instaladas en el sistema y es recomendable realizar la reposición de las mismas. Se han detectado conjuntos de luminaria-lámpara en total mal estado.

En cuanto al desfase en el encendido de las luminarias debemos recalcar que su repercusión radica en la sensación visual del usuario y principalmente en el ornato de la ciudad.

Existen también lámparas en su momento no encendían. Al darle seguimiento a una de estas, pudimos determinar que el tiempo en que la Empresa Eléctrica demoró en reponerla fue considerable.

f.2. MEDICIONES Y CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

En función de las normas establecidas y de la metodología de trabajo planteada, a continuación se presentan los resultados de las mediciones de iluminancias obtenidas para el presente estudio.

f.2.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALZADA

En cuanto a las mediciones de iluminancias medidas en la calzada, se exponen los siguientes resultados promediados por zona:

Tabla 26. Resultados de cálculos luminotécnicos obtenidos.

ZONA	SENTIDO NORTE-SUR		SENTIDO SUR-NORTE	
	ILUMINANCIA MEDIA PROM. (LUX)	FACTOR DE UNIFORMIDAD	ILUMINANCIA MEDIA PROM. (LUX)	FACTOR DE UNIFORMIDAD
Zona 1	24,95	0,53	18,61	0,46
Zona2	13,45	0,25	23,35	0,36
Zona3	25,45	0,40	29,67	0,39
Zona4	15,15	0,33	25,17	0,35
Zona5	11,48	0,40	28,62	0,29
Zona6	22,40	0,20	20,82	0,39
Zona7	21,60	0,35	17,52	0,27

Fuente: Autor

De todas las muestras obtenidas en cada zona se obtuvo un promedio, con el fin de determinar de manera aproximada el comportamiento lumínico del sistema por zonas y afirmar lo que determinó en la inspección inicial realizada al sistema. Como se puede observar, el factor de uniformidad y la iluminancia media en función del estándar no son las correctas en el sistema.

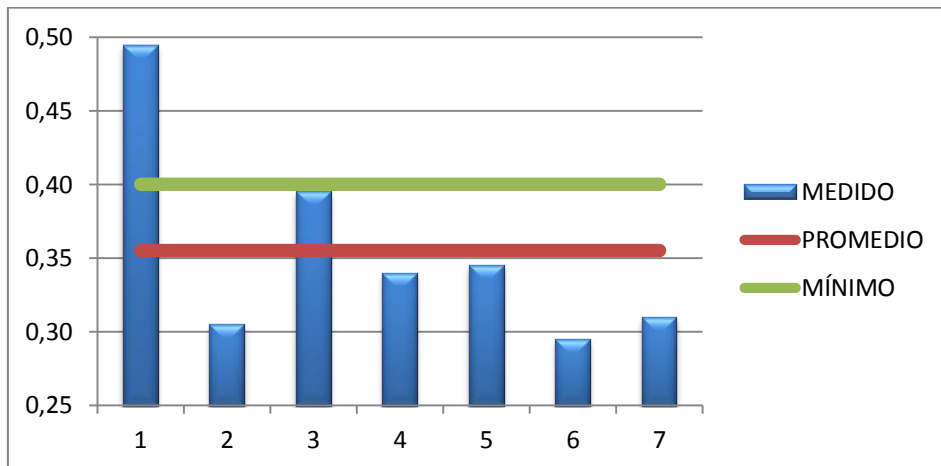


Figura 60. Factor de Uniformidad Promedio Medido en las zonas de estudio

Fuente: Autor

En promedio total del sistema, los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 27. Promedio general de cálculos luminotécnicos obtenidos.

PROMEDIO GENERAL	
ILUMINANCIA MEDIA PROM. (LUX)	FACTOR DE UNIFORMIDAD
21,30	0,355

Fuente: Autor

Estableciendo una comparación y tomando en extracto de la tabla 6, expuesto a continuación:

TIPO DE VIA O AREA	NIVEL MÍNIMO MEDIO (LUX)	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD MEDIA.
M2	25	0,4

Fuente: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (Normas Técnicas de Diseño)

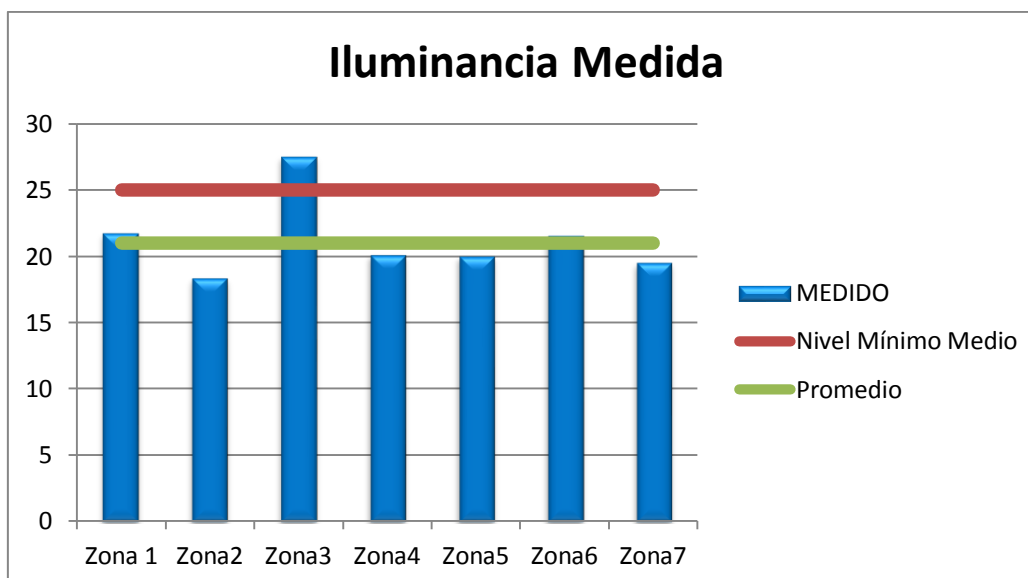


Figura 61. Iluminancia promedio medida en las zonas de estudio.

Fuente: Autor

Podemos determinar que en términos generales, la Iluminancia promedio obtenida a partir de los cálculos con los datos obtenidos en las mediciones, está por debajo del mínimo permitido. Algo similar sucede con el coeficiente de uniformidad ya que el cálculo obtenido nos ubica debajo de valor mínimo contemplado.

f.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS REDONDELES

En los redondeles o rotondas los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 28. Resultados de mediciones luminotécnicas obtenidos en los redondeles.

	E_{min}	E_{max}	E_{med}	$U_o (E_{min}/E_{prom})$
1. REDONDEL UNL	1,6	5,8	3,31	0,484
2. REDONDEL LA TEBAIDA	1,4	129,6	23,2 8	0,060
3. REDONDEL MERCADILLO	3,6	166,4	33,5 4	0,107

Fuente: Autor

Ahora, estableciendo una comparación y tomando en extracto de la revisión bibliográfica, expuesto a continuación:

- Iluminancia media horizontal $E_m \geq 40$ lux
- Uniformidad media $U_m \geq 0,5$

Se puede determinar que en ninguno de los tres redondeles se cumple con las normas establecidas, se está muy por debajo de los valores mínimos fijados. Es necesaria una reingeniería del sistema de iluminación en los redondeles estudiados.

f.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ACERAS

Aplicando el método de medición de iluminancia semicilíndrica, y estableciendo un promedio entre ambos sentidos de la avenida, los resultados promedio por zonas se exponen a continuación.

Tabla 29. Recuento de mediciones de iluminancia semicilíndrica.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7
9,54 lux	7,61 lux	17,17 lux	14,46 lux	12,97 lux	11,10 lux	11,13 lux

Fuente: Autor

La norma establece que la iluminancia semicilíndrica mínima para las zonas en estudio deberá ser de 4 lux, por lo que con los resultados obtenidos se puede determinar que estos cumplen el parámetro permitido.

En conclusión, el estudio luminotécnico aplicado en las zonas establecidas nos da la pauta para determinar que el sistema de iluminación pública instalado actualmente no cumple con las normas luminotécnicas establecidas, afectando la calidad del servicio. Es aquí donde se parte para plantear una propuesta de mejora del sistema de Alumbrado de la Avenida Pío Jaramillo.

f.3. RELACIÓN DE CONSUMO DEL ACTUAL SISTEMA VS. CONSUMO PROYECTADO

Se presentan a continuación Los cálculos de consumo de energía eléctrica del sistema de iluminación actual, del sistema de iluminación proyectado con tecnología LED y del sistema de iluminación proyectado con tecnología LED + TELEGESTIÓN.

Tomando el dato de la tabla 15, se expone que el cálculo de consumo total anual es de 319.446,54 kWh. Ahora, el consumo del sistema proyectado de con luminarias Galaxy-GLX72-XD es el siguiente:

Tabla 30. Consumo del sistema proyectado de con luminarias LED

TIPO	CANTIDAD	POTENCIA (kW)	CONSUMO DIARIO EN 12 HORAS (kWh)	CONSUMO MENSUAL EN 30 DÍAS (kWh)	CONSUMO ANUAL EN 365 DÍAS (kWh)
Galaxy-GLX72-XD	183	0,164	360,144	10804,32	131.452,56
				TOTAL (KWh)	131.452,56

Fuente: Autor

El consumo anual proyectado es de 131.452,56 KWh.

A continuación el cálculo del sistema de iluminación proyectado con tecnología LED + TELEGESTIÓN.

Tabla 31. Consumo del sistema proyectado de con luminarias LED + TELEGESTIÓN

TIPO	CANTIDAD	POTENCIA (kW)	CONSUMO DIARIO EN 6 HORAS AL 100% (kWh)	CONSUMO MENSUAL EN 30 DÍAS (kWh)	CONSUMO ANUAL EN 365 DÍAS (kWh)
Galaxy-GLX72-XD	183	0,164	180,07	5402,16	65726,28
TIPO	CANTIDAD	POTENCIA (kW)	CONSUMO DIARIO EN 6 HORAS AL 60% (kWh)	CONSUMO MENSUAL EN 30 DÍAS (kWh)	CONSUMO ANUAL EN 365 DÍAS (kWh)
Galaxy-GLX72-XD	183	0,098	108,04	3241,30	39435,77
				TOTAL (KWh)	105162,05

Fuente: Autor

El consumo de energía anual proyectado del nuevo sistema incluida telegestión es de 105.162,05 kWh.

Los ahorros energéticos calculados se presentan a continuación:

Tabla 32. Ahorros energéticos proyectados.

AHORRO PROYECTADO CON LUMINARIAS LED	58,85%
AHORRO CON LUMINARIAS LED + TELEGESTIÓN	67,08%

Fuente: Autor

f.4. CALCULO DE INVERIÓN VS. AHORRO RESULTANTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO

Tomando como premisa que los elementos que integran el sistema de iluminación pública de la avenida Pío Jaramillo Alvarado por su estado deberían ya ser reemplazados en su gran mayoría, se plantea un estudio económico comparativo entre la implementación de lámparas de vapor de sodio de alta presión versus la implementación de iluminación con tecnología LED telegestionada.

Para este cálculo se integran todos y cada uno de los valores a invertir en ambas propuestas, se toma en cuenta los periodos de reposición de los elementos y el costo de los mismos.

Iniciamos el cálculo de ahorro con el ahorro energético resultante y la comparación con el sistema actual de iluminación.

Tabla 33. Ahorro energético comparativo resultante.

	SISTEMA ACTUAL	LED + TELEGESTION	AHORRO
Potencia total	72.933,00	24.009,60	
Costo de energía por kWh	\$ 0.10	\$ 0.10	
Consumo anual de energía (kWh)	319.446,54	105162,05	188078,95

Costo Anual de Energía	\$ 31.944,65	\$ 10.516,21	\$ 21.428,44
Costo por vida de Energía	\$ 638.893,00	\$ 210.324,20	\$ 428.568,80

Fuente: Autor

Posteriormente se establecen los costos comparativos de mantenimiento, se consideran los tiempos de reposición de las lámparas, el costo de reposición por bombilla anual y por vida útil, los costos por reciclaje de componentes y los costos de mantenimiento del sistema por lámparas, anual y por vida útil.

Tabla 34. Ahorro de mantenimiento comparativo resultante.

	SISTEMA ACTUAL	LED + TELEGESTION	AHORRO
Relamp Frecuencia (años)	3	20	
Bombilla + Costos laborales	\$ 120,00	\$ -	
Costo anual Relamp	\$ 7.320,00	\$ -	\$ 7.320,00
Costo Relamp Lifetime	\$ 146.400,00	\$ -	\$ 146.400,00
Costo anual de Reciclaje de componentes	\$ 54,90	\$ -	\$ 54,90
Costo de Reciclaje de componentes por lifetime	\$ 1.098,00	\$ -	\$ 1.098,00
Costo de Mantenimiento anual	\$ 10.980,00	\$ 7.686,00	\$ 3.294,00
Costo de Mantenimiento por lifetime	\$ 219.600,00	\$ 153.720,00	\$ 65.880,00
Ahorro por Mantenimiento			\$ 213.378,00

Fuente: Autor

Se proyecta un valor de ahorro por reciclaje de componentes del sistema convencional de \$ 0,90 por lámpara. Además se establece que el costo de mantenimiento por lámpara

es del sistema actual es de \$ 60, y se proyecta un ahorro del 30% con el sistema de telegestión + LED proyectado.

Ahora, se plantea el cálculo del ahorro anual correspondiente al costo de energía y el costo comparativo de mantenimiento. Para llegar finalmente al valor total resultante.

Tabla 35. Cálculo de Ahorro anual de funcionamiento.

	SISTEMA ACTUAL	LED + TELEGESTION	AHORRO
Costo Anual de Energía	\$ 31.944,65	\$ 10.516,21	\$ 21.428,44
Costo Anual de Mantenimiento	\$ 18.300,00	\$ 7.686,00	\$ 10.614,00
Costo de funcionamiento anual	\$ 50.244,65	\$ 18.202,21	\$ 32.042,44

Fuente: Autor

Al igual que la tabla anterior se realiza el cálculo proyectado para los 20 años de vida útil del sistema proyectado.

Tabla 36. Cálculo de Ahorro de funcionamiento durante la vida útil del sistema.

	SISTEMA ACTUAL	LED + TELEGESTION	AHORRO
Costo por vida de Energía	\$ 638.893,00	\$ 210.324,20	\$ 428.568,80
Costo de mantenimiento de por vida	\$ 367.098,00	\$ 153.720,00	\$ 213.378,00
Vida Costo de funcionamiento	\$ 1.005.991,00	\$ 364.044,20	\$ 641.946,80

Fuente: Autor

Antes de pasar al cálculo final de inversión versus ahorro, se consideran los valores que se debería invertir si se decidiera optar por un sistema de iluminación con luminarias de vapor de sodio de alta presión sin telegestión. A continuación una tabla que indica los costes de inversión y tiempos de recambio de los componentes que integrarían un sistema de iluminación convencional.

Tabla 37. Plan de inversión y mantenimiento para un sistema de iluminación con VSAP

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	FRECUENCIA DE CAMBIO	TOTAL EN 20 AÑOS
Luminarias de vapor de sodio de alta presión 250W	183,00	\$ 330,00	20,00	\$ 60.390,00
Balastos (Na de 250W)	183,00	\$ 21,00	5,00	\$ 15.372,00
Ignitores	183,00	\$ 7,50	5,00	\$ 5.490,00
Fotocélulas	26,00	\$ 7,00	3,00	\$ 1.213,33
			TOTAL	\$ 82.465,33

Fuente: Autor

Finalmente, se integran todos los valores obtenidos, con el fin de poder establecer una comparación real de costos y determinar si económicamente el sistema proyectado es o no rentable. A continuación los resultados.

Tabla 38. Inversión vs. Ahorro.

	SISTEMA ACTUAL	LED + TELEGESTION	AHORRO
INVERSIÓN	82.465,33	63.1648,08	-54.9182,75
Costo por vida de Energía	638.893,00	210.324,20	428.568,80
Costo de mantenimiento de por vida	367098,00	153720,00	213378,00
Costo total de propiedad	1.088.456,33	995692,28	92.764,05

Fuente: Autor

f.5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Inicialmente se ingresan los datos requeridos por el sistema, entre los más relevantes las dimensiones de la calzada y acera. La clase de iluminación de la puede obtener bien por el asistente o sino de manera manual. Para este estudio de ingresaron los siguientes datos:

Tabla 39. Datos requeridos para proceso de simulación.

Ancho de Acera	3,5 m
Clasificación de Iluminación Acera	S3
Ancho de Calzada	9 m
Clasificación de Iluminación en Calzada	ME3b
Luminaria Seleccionada	Galaxy 164 W
Altura de Luminaria	8,5 m
Factor de Mantenimiento	0,95

Fuente: Autor

Luego de haber ingresado los datos requerido se procede a realizar la evaluación simulación del sistema, el software arroja varias posibilidades de entornos en función de los valores que se seleccionó como variables, en este caso la distancia entre luminarias y el ángulo de inclinación de las mismas. Se escogió la distancia entre mástiles de 39 metros debido a que este es el valor promedio de distancia en la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, y el ángulo de inclinación seleccionado fue de 10°.

El software realiza el cálculo en función de los requerimientos establecidos en las normas, y sus resultados se los puede exportar a un documento completo en formato PDF, en esta sección resumiremos los resultados a los más relevantes.

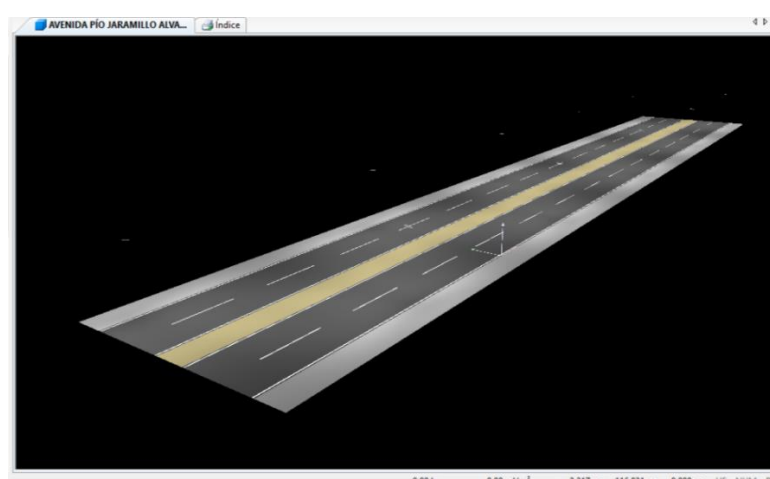


Figura 62. Renderizado 3D de la simulación del sistema de Iluminación.

Fuente: Simulación en DiaLux.

AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 3.500 m)
Calzada 2	(Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1	(Anchura: 3.500 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 3.500 m)

Factor mantenimiento: 0.95

Disposiciones de las luminarias

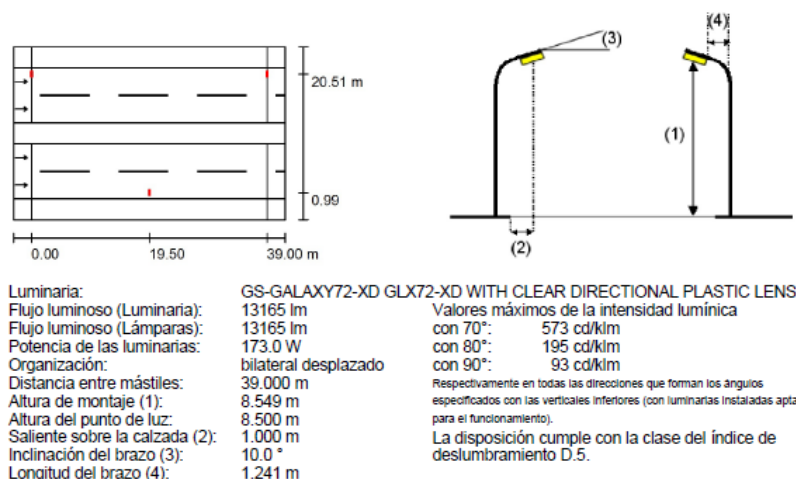


Figura 63. Datos de Planificación para Simulación.

Fuente: Simulación en DiaLux.

f.6. RESULTADOS COMPARATIVOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Aplicando las ecuaciones necesarias y el software de cálculo de la calificación energética del sistema de Iluminación actual se pudieron establecer los siguientes resultados:

Tabla 40. Tabla comparativa de calificación energética.

SISTEMA ACTUAL		SISTEMA PROYECTADO	
Mejor calificación energética	A	Mejor calificación energética	A
Peor Calificación Energética	E	Peor Calificación Energética	A
Calificación energética promedio	C	Calificación energética promedio	A

Fuente: Autor

En la sección anexos se indica más detalladamente los cálculos y resultados obtenidos de calificación energética por zonas de estudio y luminarias.

f.8. BALANCE DE IMPACTO AMBIENTAL

En cuanto al impacto ambiental podemos decir que el sistema de proyectado de telegestión con iluminación LED es positivo, ya que los beneficios vienen por varias fuentes.

- Ahorro en consumo de kWh.
- Reducción en costos de reciclaje de componentes.
- Reducción de la contaminación lumínica.
- Se eliminan radiaciones ultravioleta.

El principal beneficio ambiental de la implementación del sistema en estudio, es la disminución considerable del consumo de kWh, llevando directamente a la reducción de emisiones de CO2 a la atmosfera. En la tabla a continuación de detalla este particular.

Tabla 41. Reducción de Emisiones de CO2

Ahorro Energético Anual (kWh)	214.284,49
Reducción de emisiones de CO2 al año (Ton.)	62,14*
Ahorro Energético 20 años (kWh)	4.285.689,80
Reducción de emisiones de CO2 en 20 años (Ton.)	1.242,85*
* Se considera como base que la producción de 1 kWh utilizando combustibles fósiles genera a una contaminación de 0,29 kg de CO2	

Fuente: Autor

Otro beneficio ambiental que se generaría sería el ahorro por reciclaje en los componentes de las lámparas de vapor de sodio de alta presión. Partiendo con el dato que el costo pagado a un gestor ambiental por tratamiento y reciclaje de lámparas es de \$ 0,90; se procede a elaborar la siguiente tabla de ahorro.

Tabla 42. Ahorro por tratamiento y reciclaje de lámparas de VSAP.

Relamp Frecuencia (años)	3
Costo anual de Reciclaje de componentes	\$ 54,90
Costo de Reciclaje de componentes por life time	\$ 1.098,00

Fuente: Autor

Si bien es cierto el valor ahorrado es pequeño en comparación con el ahorro energético, también se debe considerar que con esto se dejaría de utilizar materiales altamente contaminantes como son: gas y metales pesados como el plomo y mercurio, elevadamente tóxicos y muy perjudiciales para el medioambiente. Además, si se plantea la telegestión del alumbrado público, se debe tomar en cuenta que la vida útil de la lámpara y tiempo de reposición aumenta.

Por otro lado la reducción de contaminación lumínica es otro punto a considerar debido a que con el nuevo sistema proyectado se logra iluminar únicamente el área requerida, es decir que se utilizan equipos en donde se direcciona el haz de luz hacia abajo para iluminar solo el área que se solicita o realizar un debido apantallamiento de acuerdo a las normas de la CIE en la cual requiere de un buen estudio en los diseños de la instalaciones eléctricas de iluminación.

g.- DISCUSIÓN

Según la inspección visual realizada en el sector estudiado, se pudo determinar que los elementos que conforman el alumbrado público de este necesitan un recambio inmediato, específicamente las luminarias, ya que en un buen porcentaje no brindan la protección necesaria a la lámpara, y si es que cuentan con protección, esta se encuentra sucia de manera que impide la difusión correcta del flujo luminoso. Se evidencia que el mantenimiento es mínimo o nulo en los sistemas de iluminación de exteriores.

Basándose en las mediciones y cálculos luminotécnicos, se corroboró lo que inicialmente se presumía, que la calidad en la iluminación exterior del sector estudiado no es la ideal, y que las variables que sirven para determinar esto, se encuentran por debajo de los rangos permitidos. En la calzada la iluminancia promedio medida fue de 21,30 lux siendo el valor mínimo permitido 25 lux, mientras que como el coeficiente de uniformidad medido fue de 0,355 cuando el estándar nos indica que como mínimo se debe mantener en 0,4. En los redondeles de la avenida, tampoco se cumple totalmente con los estándares establecidos, se evidencia un bajo nivel de iluminación en los mismos y el factor de uniformidad no se cumple en los 3 redondeles. En donde si se cumple y se está dentro de los rangos predeterminados es en las aceras, ya que se determinó que la iluminancia semicilíndrica medida está dentro de los niveles que plantea la norma.

Con los antecedentes anteriormente citados, se proyecta elaborar un sistema piloto de telegestión del alumbrado público utilizando luminarias LED, para esto se determinó que por sus prestaciones y características económico-técnicas estudiadas anteriormente, el modelo de telegestión seleccionado fue el Owllet de Schreder y las luminarias LED que se utilizarían en el sistema proyectado son las Galaxy- GLX72-XD. Ahora bien, el consumo energético actual del sistema de iluminación exterior en la avenida es de 319.446,54 kWh al año; si se incluyeran únicamente luminarias LED en consumo anual sería de 131.452,6 kWh y si a esto se introduce un sistema de telegestión el consumo anual de energía sería de 105.162,0 kWh a año. Estamos hablando de que el ahorro energético total proyectado sería de aproximadamente de un 67,08%.

Un tema importante radica en el momento de realizar un estudio económico de inversión versus ahorro, ya que por los precios de la tecnología de telegestión y led, transcurridos 20 años, la ganancia proyectada sería de únicamente de USD 92.764,05 un valor bajo en función de la inversión inicial. Pero no se deberá descartar la ejecución del presente proyecto en un mediano plazo, ya que se establece que los costos de esta tecnología disminuyan progresivamente en los próximos años. No hay que cerrarse a la idea de la implementación del sistema proyectado ya que las prestaciones esperadas son un aliciente, el beneficio no se centra únicamente en lo económico, se debe considerar la considerable reducción de consumo energético y costos de mantenimiento. La idea principal es la de mejorar la calidad de la iluminación pública, lo cual incide directamente en el ornato de la ciudad, reducción de la delincuencia, disminución de accidentes de tránsito y sobre todo un confort visual para los usuarios.

Otro factor importante que apoya la implementación del sistema proyectado es la mejora en la calificación energética del alumbrado de exteriores, los resultados son claros y se establece que en promedio la calificación energética pasará en la escala desde C hasta A (altamente eficiente).

En cuanto al tema ambiental, los beneficios proyectados también son prometedores, con la energía que se ahorra, se estarían dejando de emitir 62,14 toneladas de CO₂ al año por concepto de producción de energía eléctrica con combustibles fósiles. Además que se dejaría de utilizar elementos altamente contaminantes y que no son reutilizables.

En síntesis, el sistema de iluminación eficiente proyectado aporta, una mejor operatividad, información precisa y puntual de los eventos producidos en las instalaciones de iluminación de la avenida Pío Jaramillo Alvarado, conlleva a un mejor uso de los recursos humanos adscritos a los servicios operativos de la empresa eléctrica, reducción del consumo, adaptación precisa y total a las normas vigentes y a sus posibles modificaciones, adaptabilidad a los momentos puntuales que pueden producirse en la vida normal de la ciudad, en definitiva, previsión, operatividad y ahorro.

h.- CONCLUSIONES

- A través de una pormenorizada revisión bibliográfica y análisis del sistema estudiado, se ha propuesto un modelo de telegestión del alumbrado público incluyendo luminarias que utilizan tecnología LED.
- Se plantea la utilización de luminarias con tecnología LED por sus características técnicas y sus importantes prestaciones, principalmente debido a que es una tecnología compatible con los sistemas de telegestión, por su eficiencia, por su alto rendimiento lumínico y por su elevada vida útil.
- Se escogió el sistema de telegestión OWLET de la empresa Schröder, debido a que la tecnología de comunicación usada es inalámbrica y en comparación del sistema de comunicación PLC, se evitarían conflictos de transmisión de datos que podrían volver infructuoso el sistema proyectado.
- Con el reemplazo del 100% de las luminarias de sodio por LED y la inclusión de un sistema de telegestión, se lograría un ahorro energético de aproximadamente un 67,08% del consumo de energía del sistema de iluminación pública actual.
- Mediante el uso del software Dialux para la simulación de los sistemas de iluminación pública, se pudo comprobar que con la aplicación de las luminarias LED seleccionadas se cumplen con los parámetros luminotécnicos establecidos en las normativas de iluminación.
- En términos de eficiencia energética, se proyecta una mejora en la calificación energética del sistema, que en promedio va desde la categoría C del sistema de iluminación actual a la categoría A en el sistema proyectado.
- La implementación del proyecto piloto estudiado, concibe un impacto ambiental positivo, por un lado porque se dejarían de emitir 62,14 toneladas de CO₂ al año y por otra parte debido a que con la telegestión la vida útil de las luminarias se incrementa, generando un menor uso de elementos contaminantes y ahorro en el tratamiento y reciclaje de los mismos.
- El costo económico para el cambio de Tecnología a LED y la inclusión de telegestión, son un inconveniente al momento, se espera que a futuro con la reducción de los precios de tecnología, la sustitución sea viable.

i.- RECOMENDACIONES

- Complementar este proceso investigativo a través de un proyecto de instalación a pequeña escala de la tecnología en estudio, con el fin de determinar su comportamiento y evaluar sus variables con mayor precisión.
- Realizar un estudio sobre la aplicación de sensores de presencia vehicular, que permitan proveer el servicio de forma más precisa generando un consumo energético más exacto.
- Establecer un convenio de cooperación entre la Universidad y las empresas proveedoras de tecnología LED y Telegestión, para que los estudiantes e investigadores puedan determinar de forma práctica el comportamiento y rendimiento de estas tecnologías y su comportamiento en los sistemas eléctricos.
- Gestionar con las instituciones involucradas los respectivos financiamientos para la implementación de sistemas de iluminación eficiente.
- Crear una política que promueva subsidios e incentivos para la importación de las tecnologías que aportan a la eficiencia energética del país, con el fin de que la implementación de estas se vuelva más factible y que disminuyan los tiempos de amortización.
- Al momento de seleccionar productos de iluminación y telegestión, no dejarse guiar por el precio, sino por sus prestaciones y características técnicas.
- Solicitar a la empresa proveedora del servicio de iluminación el cumplimiento de los rangos establecidos en las normas y realizar el mantenimiento debido a los sistemas de alumbrado público.
- Considerar como proyecto complementario, el estudio y la construcción de una red de distribución subterránea para la Avenida Pío Jaramillo Alvarado, en la cual se realice una redistribución de los postes en función de la distancia promedio requerida.

j.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y DOCUMENTOS

Acuña Roncancio, Paula. 2011. *Impacto del Alumbrado Público con LEDs en la Red de Distribución.* [Documento PDF] Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2011.

ANFALUM. CÓMO SELECCIONAR Y COMPRAR LUMINARIAS DE LED'S PARA APLICACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR. [PDF] MADRID : s.n.

Area de Gobierno de Obras y Espacio Públicos. Pliego de condiciones técnicas Generales CAP. 43: Alumbrado Exterior. [Documento pdf] Madrid : Ayuntamiento de Madrid.

Canorea García, Alfonso. 2010. *TECNOLOGÍA LED: ¿Qué es técnicamente un LED?* [PDF] Madrid : s.n., 2010.

Comité Español de Iluminación. 2001. *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.* [Documento PDF] Madrid : IDAE, 2001.

Comite Español de Iluminación. 2010. *Presente y futuro de la Iluminación Profesional con LED's.* [PDF] Madrid : s.n., 2010.

CONELEC. 2011. *REGULACIÓN No. CONELEC 008/11.* [Documento Word] Quito : s.n., 2011.

Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. 2012. *“NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES”.* [Documento PDF] LOJA : s.n., 2012.

Marrufo González, Enrique y Castillo Pedrosa, Juan. 2010. *Instalaciones Eléctricas Básicas, Grado Medio.* Madrid : McGraw-Hill / Interamericana de España S.A., 2010. ISBN: 8448173104.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. 2010. REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. RETILAP. [Documento PDF] Colombia : s.n., 2010.

Moreno Gil, José y Romero Minassian, Máximo. 2010. Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Madrid : Paraninfo S.A., 2010.

Muñoz V., Jorge. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR DE ILUMINACIÓN PÚBLICA – TECNOLOGIA LED. [Presentación Power Point] Loja : UNL, EERSSA.

Ramírez Pinto, José Antonio. Proyecto Piloto de Telegestión del servicio de Alumbrado Público de la Ciudad de Bucaramanga. [Documento PDF] Bucaramanga : Universidad Nacional de Colombia.

REAL DECRETO 1890/2008. 2008. REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS EA-01 a EA-07. [Documento PDF] Madrid : Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2008.

Serret Alcaide, Jaume. 2007. Elaboración de material para Manual de iluminación. [Documento PDF] Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2007.

Suárez Acevedo, José Antonio. 2010. Marco Teórico de la Telegestión del Servicio de Alumbrado Público. [PDF] Bogota : Universidad Nacional de Colombia, 2010.

TESIS

Encalada, Oswaldo. 2012. PLAN PILOTO DE TELEGESTIÓN PARA EL CONTROL DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA LA VÍA CUENCA – DESCANSO. [Documento PDF] Cuenca : Universidad de Cuenca, 2012.

Imán Suquilanda, Eddy. 2013. Cálculo, Diseño y Simulación de un prototipo de iluminación solar, utilizando paneles fotovoltaicos y tecnología LED para el alumbrado de vías públicas. Loja : Universidad Nacional de Loja, 2013.

SITIOS WEB

Alromar Energías del Futuro. Ventajas y Desventajas de la Tecnología LED. [En línea] alromar © Copyright 2012. [Citado el: 23 de enero de 2013.] <http://www.alromar-energia.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-led/>.

GesCom. *Lámparas de Inducción Electromagnética. Ventajas y Características del Producto* . [Documento PDF] Santiago de Chile : www.gescomchile.com.

Schröder Group. SCHRÉDER ECUADOR - Lo Esencial del Alumbrado. [En línea] [Citado el: 9 de Mayo de 2013.] <http://www.schreder.com/ecs-es/Centro-Formacion/Esencial-Alumbrado/Pages/default.aspx>.

tecnyo.com. La Tecnología Led. [En línea] Blogsfarm Network SL. [Citado el: 23 de Enero de 2013.] <http://tecnyo.com/tecnologia-led/>.

www.induccionmagnetica.cl. INDUCCION MAGNETICA. *UNA ANTIGUA TECNOLOGÍA QUE TRAE RESPUESTAS NUEVAS*. [En línea] [Citado el: 12 de Septiembre de 2013.] <http://www.induccionmagnetica.cl/>.

k.- ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO

SENTIDO NORTE-SUR

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
6147	133790	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	A	112	1736	SI
6148	133791	Sodio Abierta	LDPS150PCA	A	112	1736	NO
6149	133792	Sodio Cerrada	LCPS150PCC	A	112	1736	SI
6270	6270	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1771	SI
6271	6271	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1771	SI
6272	6272	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6277	134048	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6278	134049	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6279	134050	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	SI
6280	134051	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6281	134052	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6282	134053	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
44869	134054	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1989	NO
6282	134055	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1010	SI
14564	134073	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1010	SI
14563	134074	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1010	SI
14562	134075	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1010	SI
14560	134076	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1010	SI
14559	134077	Sodio Abierta	LDPS150PCA	B	2012	1010	NO
14558	134078	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1011	SI
14551	134080	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1011	SI
14550	134081	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1011	SI
14549	134082	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1011	SI
14548	134083	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1011	NO
14547	134084	Sodio Cerrada	LDPS150PDC	B	2012	1011	SI
14546	134085	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	B	2012	1008	SI
14499	134086	Sodio Cerrada	LDPS150PDC	B	2012	1008	SI
14498	134087	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1008	SI
14497	134088	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1008	SI
14496	134089	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1008	SI
14495	134090	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1008	NO
14494	134091	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1553	NO
15048	15048	Proyector	PPM150PCC	B	2012	1553	S

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
		Mercurio					
14433	134092	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
14432	134093	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
14431	134094	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1553	NO
14430	134095	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
14429	134096	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
14428	134097	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	575	SI
14427	134098	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	575	SI
14426	134099	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	575	SI
14409	134100	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	575	SI
14408	134101	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	575	SI
14407	134102	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	575	NO
14406	134103	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	2012	549	SI
12464	134104	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	2012	549	SI
14405	134105	Sodio Abierta	LDPS400PCA	C	2012	549	NO
14404	134106	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	2012	549	SI
14403	134107	Sodio Abierta	LDPS400PCA	C	2012	549	NO
14399	134108	Sodio Abierta	LDPS400PCA	C	2012	549	NO
14398	134109	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	2012	549	SI
14397	134110	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A	2012	550	NO
14396	134111	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	550	SI
14395	134112	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A	2012	550	SI
14394	134113	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A	2012	550	NO
14393	134114	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	550	SI
14392	134115	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	550	SI
14391	134116	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	550	SI
14390	134117	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1552	NO
14389	134118	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1552	SI
14388	134119	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1552	NO
14333	134120	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1552	NO
14332	134121	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
14326	134122	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
14325	134123	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
14324	134124	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
14305	134125	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A	2012	627	NO
14306	134126	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	A	2012	627	SI
14307	134127	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
10310	134128	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	627	SI
10309	10309	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	NO
10302	10302	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	SI
10301	10301	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	NO

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
10300	10300	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	SI
10299	10299	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	SI
10298	10298	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	BC	2011	2624	NO
10288	10288	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	1676	SI
10287	10287	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	1676	NO
10261	10261	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	1676	NO
10260	10260	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	1676	SI
21764	21764	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	1676	SI
10253	10253	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	SI
10252	10252	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	SI
10251	10251	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	SI
10250	10250	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	SI
10249	10249	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	A	2011	525	SI
10241	10241	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	SI
10240	10240	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	NO
10239	10239	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	525	NO

SENTIDO SUR-NORTE

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
10684	10684	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	<Null>	0	NO
10683	10683	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	0	NO
10682	10682	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	0	NO
10274	10274	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	0	NO
10273	10273	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	0	NO
10272	10272	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	0	SI
10271	10271	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	805	SI
10270	10270	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	805	SI
10269	10269	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	A	2011	805	SI
10268	10268	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	805	SI
10267	10267	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	805	SI
10275	10275	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	SI
10276	10276	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	NO
10277	10277	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	SI
10278	10278	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	SI
10279	10279	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	SI
10280	10280	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2011	804	SI
10281	10281	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	2012	564	SI
10282	10282	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	C	2012	564	SI
10285	10285	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	C	2012	564	SI

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
10286	134129	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	C		2012	564 SI
14319	134130	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	C		2012	564 SI
14938	134131	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	290 NO
14941	134132	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	290 SI
14942	134134	Sodio Abierta	LDPS400PCA	C		2012	290 NO
14943	134135	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	290 SI
14369	134136	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1552 SI
14368	134137	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1552 SI
14367	134138	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B		2012	1552 NO
14380	134139	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1552 SI
14381	134140	Sodio Abierta	LDPS400PCA	C		2012	551 NO
14382	134141	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 SI
14383	134142	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 SI
14384	134143	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 SI
14385	134144	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 SI
14386	134145	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 SI
14387	134146	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2013	551 NO
	134146	Sodio Abierta	LDPS400ACA	C		2012	551 SI
14991	134147	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C		2012	551 NO
	134147	Sodio Abierta	LDPS400ACA	C		2012	551 SI
13182	134148	Sodio Cerrada	LDPS400ACC	C		2013	471 SI
	134148	Sodio Cerrada	LDPS400ACC	A		2013	471 SI
13181	137768	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 NO
	137768	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 SI
13180	137769	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 SI
	137769	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 SI
13179	137770	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 SI
21747	137771	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2013	471 SI
12465	137772	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	A		2013	471 NO
	137772	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	A		2013	471 SI
13183	13183	Sodio Cerrada	LDPS250ACC	A		2013	471 SI
	13183	Sodio Cerrada	LDPS250ACC	A		2013	471 SI
13184	13184	Sodio Cerrada	LDPS250ACC	A		2013	471 SI
13185	13185	Sodio Abierta	LDPS250PCA	A		2013	<Null> NO
15001	134149	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A		2012	75 SI
15000	134150	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A		2012	75 NO
14999	134251	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1553 NO
15050	134152	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1553 SI
15049	134153	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1553 SI
15043	134154	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B		2012	1553 NO
22301	134155	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B		2012	1553 SI

NOM. ANTERIOR	NOM. ACTUAL	SUBTIPO	CÓDIGO DE ESTRUCTURA	FASE DE CONECCIÓN	ALIMENTADOR	TRANS.	PROTECCIÓN
15045	134156	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
15046	134157	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1553	SI
15047	134158	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1553	NO
14434	134163	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1554	SI
15157	134164	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1554	NO
15156	134165	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1554	SI
15155	134166	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1554	SI
15154	134167	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1554	NO
15153	134168	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	2012	1554	SI
15158	134169	Sodio Abierta	LDPS250PCA	B	2012	1554	NO
15159	134170	Sodio Abierta	LDPS400PCA	B	2012	1554	NO
15160	134171	Sodio Cerrada	LDPS250PDC	A	2012	163	SI
15161	134172	Sodio Abierta	LDPS250PCA	A	2012	163	NO
15162	134173	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	A	2012	163	SI
14555	134174	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	163	SI
14554	134175	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	163	SI
15163	134176	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	A	2012	163	SI
15164	134177	Sodio Abierta	LDPS400PCA	A	2012	163	NO
46654	134178	Sodio Cerrada	LDPS250PCC	ABC	211		SI
6592	6592	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	SI
6591	6591	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	NO
24245	24245	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	SI
6589	6589	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	NO
6587	6587	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	SI
6586							NO
6276	6276	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	SI
6275	6275	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	NO
22601	134065	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	B	112	1779	SI
6273	134066	Sodio Cerrada	LDPS150PCC	C	112	1986	SI
6450	134067	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	SI
6449	134068	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	SI
6150	134069	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	SI
6451	134070	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	SI
6452	134071	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	NO
6453	134072	Sodio Cerrada	LDPS400PCC	C	112	1986	NO

ANEXO 2. MEDICIONES CIVILES EN LA AVENIDA PÍO JARAMILLO ALVARADO

SENTIDO NORTE-SUR

ZONA	POSTE	ANCHO VEREDA	INTERDISTANCIA	ANCHO DE VÍA	ALTURA DE LUMINARIA
1	10299	3,5	44,7	9	8,5
1	10298	3,5	38,1	9	8,5
1	10288	3,5	45,4	9	8,5
2	14332	3,5	54,3	9	8,5
2	14326	3,5	37,3	9	8,5
2	14327	3,5	45,6	9	8,5
3	14406	2	38,6	9	8,5
3	12464	2	38,4	9	8,5
3	14405	2	38,5	9	8,5
3	14404	2	40	9	8,5
3	14403	2	38,5	9	8,5
3	14399	2	39	9	8,5
3	14398	2	45,2	9	8,5
3	14397	2	39,4	9	8,5
3	14396	2	38,7	9	8,5
3	14395	2	43	9	8,5
4	14428	3,5	40,8	9	8,5
4	14427	3,5	49,5	9	8,5
4	14426	3,5	50	9	8,5
5	14499	3,5	42	9	8,5
5	14498	3,5	39,5	9	8,5
5	14407	3,5	39,8	9	8,5
5	14496	3,5	45	9	8,5
6	44869	2,5	30,5	8	8,5
6	6282	2,5	37,5	8	8,5
6	14564	2,5	43,9	8	8,5
6	14563	2,5	40	8	8,5
7	6149	2,5	41,4	7	8,5
7	6270	2,5	43,6	7	8,5
7	6271	2,5	44,3	7	8,5

SENTIDO SUR-NORTE

ZONA	POSTE	ANCHO VEREDA	INTERDISTANCIA	ANCHO DE VÍA	ALTURA DE LUMINARIA
1	10276	3,5	43,7	9	8,5
1	10277	3,5	43,8	9	8,5
1	10278	3,5	37,5	9	8,5
2	14942	3,5	40,6	9	8,5
2	14943	3,5	49	9	8,5
2	14369	3,5	37	9	8,5
3	14386	3	45,5	9	8,5
3	14387	3	32,5	9	8,5
3	14991	3	39,5	9	8,5
	13182	3	43,8	9	8,5
3	13181	3	36,6	9	8,5
3	13180	3	38,1	9	8,5
3	13179	3	50,3	9	8,5
3	21747	3	40,2	9	8,5
3	12465	3	35,8	9	8,5
3	13183	3	40,8	9	8,5
4	14999	3,5	40,35	9	8,5
4	15050	3,5	39,5	9	8,5
4	15049	3,5	40,4	9	8,5
5	15157	3,5	44,9	9	8,5
5	15156	3,5	39,45	9	8,5
5	15155	3,5	40,8	9	8,5
5	15154	3,5	41,7	9	8,5
6	46654	2,5	40	8	8,5
6	6592	2,5	39,9	8	8,5
6	6591	2,5	40,3	8	8,5
6	24245	2,5	39,7	8	8,5
7	6273	2,5	46,4	7	8,5
7	6450	2,5	35	7	8,5
7	6449	2,5	40	7	8,5

ANEXO 3. MEDICIONES Y CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

SENTIDO NORTE-SUR

ZONA	POSTE	FECHA	HORA	MEDICIONES			Emed	Emed PROM	Emin	Emax	Uo (Emin/Eprom)	Uo (Emin/Eprom)	Ug (Emin/Emax)				
1	10299	15 de mayo	23H00	1	4	7	15,19	24,95	9,3	31	0,61	0,53	0,30				
				31	13,7	9,6											
				2	5	8											
				27,1	12,9	10,3											
				3	6	9											
16	11,7	9,3															
1	10298	15 de mayo	23H20	1	4	7	44,28		24,95	14,2	141		0,32	0,53	0,10		
				141	38	18,2											
				2	5	8											
				101	35,5	21,3											
				3	6	9											
31,5	20,5	14,2															
1	10288	16 de mayo	00H01	1	4	7	15,37			24,95	10		35,5		0,65	0,53	0,28
				35,5	10,6	11,8											
				2	5	8											
				30,2	11,9	10,5											
				3	6	9											

				18	10,2	10														
2	14332	21 de mayo	22H00	1	4	7	10,03	13,45	2	26,2	0,20	0,25	0,08							
				24,8	8,6	2,5														
				2	5	8														
				26,2	7,7	2,5														
				3	6	9														
16,6	4,6	2																		
2	14326	21 de mayo	22H10	1	4	7	16,21	13,45	3,3	30,9	0,20	0,25	0,11							
				25,1	17,2	3,3														
				2	5	8														
				30,9	15,6	10,5														
				3	6	9														
19,9	10,8	9,9																		
2	14327	21 de mayo	22H20	1	4	7	14,11	13,45	4,7	32,6	0,33	0,25	0,14							
				31,8	12,6	5,9														
				2	5	8														
				32,6	11,5	6,2														
				3	6	9														
17,4	8,6	4,7																		
3	14406	22 de mayo	23H00	1	4	7	14,93	25,45	9,2	23	0,62	0,40	0,40							
				23	15,1	9,2														
				2	5	8														
				22,8	15,2	12,4														
				3	6	9														
15,1	9,4	11,3																		
3	12464	22 de	23H10	1	4	7	41,16		16,2	107,7	0,39		0,15							

		mayo		85,3	29,2	16,2				
				2	5	8				
				107,7	41,4	17,4				
				3	6	9				
				30,5	17,7	16,9				
3	14405	22 de mayo	23H20	1	4	7	36,03			
				117,1	29,9	10,7				
				2	5	8				
				83	29,5	12,7				
				3	6	9				
				24,4	21,7	11,7				
3	14404	22 de mayo	23H30	1	4	7	10,75			
				17	10,9	9,7				
				2	5	8				
				16,8	11,2	7,4				
				3	6	9				
				14,4	6,2	3,5				
3	14403	22 de mayo	23H40	1	4	7	32,06			
				95,7	28,9	13,9				
				2	5	8				
				73,6	25,7	12				
				3	6	9				
				27,1	17,4	9,7				
3	14399	22 de mayo	23H50	1	4	7	36,91			
				118,5	33,2	14				
				2	5	8				

				86,4	28,8	15						
				3	6	9						
				25,4	16,6	15						
3	14398	23 de mayo	00H01	1	4	7	13,39	6,5	24,3	0,49	0,27	
				23,3	14	9,8						
				2	5	8						
				24,3	11,1	8,6						
				3	6	9						
				21,6	7,4	6,5						
3	14397	23 de mayo	00H10	1	4	7	31,76	10,9	94,2	0,34	0,12	
				94,2	29,3	10,9						
				2	5	8						
				71,5	24,4	14,3						
				3	6	9						
				27	17,9	12,5						
3	14396	23 de mayo	00H20	1	4	7	18,60	5,9	34,9	0,32	0,17	
				32,3	22,8	5,9						
				2	5	8						
				34,9	16,1	11						
				3	6	9						
				25,2	12	8,4						
3	14395	23 de mayo	00H30	1	4	7	18,89	10	35,9	0,53	0,28	
				35,9	20,4	14,5						
				2	5	8						
				32,5	17	11,9						
				3	6	9						

				19,9	12,2	10											
4	14428	22 de mayo	22H45	1	4	7	16,59	15,15	7,3	35,6	0,44	0,33	0,21				
				35,6	16,4	7,3											
				2	5	8											
				35,6	14,9	7,5											
				3	6	9											
14,2	10,3	9,1															
4	14427	22 de mayo	22H50	1	4	7	18,18		15,15	4,9	53,5		0,27	0,33	0,09		
				53,5	15,3	4,9											
				2	5	8											
				45,6	13,9	5,5											
				3	6	9											
18	10,3	5,4															
4	14426	22 de mayo	22H55	1	4	7	10,68		15,15	2,9	22,9		0,27	0,33	0,13		
				22,9	11,1	3,9											
				2	5	8											
				22,1	9,9	2,9											
				3	6	9											
11,7	7,6	5,3															
5	14499	4 de junio	23h25	1	4	7	9,60	11,48	5	19,6	0,52	0,40	0,26				
				19,6	8	6,4											
				2	5	8											
				18,6	8,3	6,1											
				3	6	9											
13,3	5	5,7															
5	14498	4 de	23h35	1	4	7	13,18		3,6	32,8	0,27		0,11				

		junio		32,8	11,7	3,6							
				2	5	8							
				24,3	14,6	5,2							
				3	6	9							
				11,8	8,1	5,6							
				1	4	7							
5	14407	4 de junio	23h45	13	5,6	5,3	6,95		3,5	15	0,50		0,23
				2	5	8							
				15	5,8	3,5							
				3	6	9							
				8,8	4,4	3,9							
				1	4	7							
5	14496	4 de junio	23h55	35,5	10,6	4,8	16,18		4,8	36,7	0,30		0,13
				2	5	8							
				36,7	14,3	7,5							
				3	6	9							
				22,4	10,7	7,9							
				1	4	7							
6	44869	29 de Mayo	00h25	154,8	48,7	17,1	46,54		10	154,8	0,21		0,06
				2	5	8							
				98,8	38	17,4							
				3	6	9							
				35,3	22,8	10							
				1	4	7							
6	6282	2 de Junio	22h30	31,6	10,1	3,3	13,85	22,40	3,3	35,7	0,24	0,20	0,09
				2	5	8							

				35,7	12	5,3									
				3	6	9									
				16,9	7	5,6									
6	14564	2 de Junio	22h40	1	4	7	13,66	21,60	2,1	39,7	0,15	0,35	0,05		
				31,3	9,5	2,1									
				2	5	8									
				39,7	9,9	3,4									
				3	6	9									
22,4	7,3	3,3													
6	14563	2 de Junio	22h50	1	4	7	15,54			2,7	44,8		0,17		0,06
				33	8,3	2,7									
				2	5	8									
				44,8	14,7	4,6									
				3	6	9									
17,5	8	5,3													
7	6149	28 de Mayo	23H15	1	4	7	24,54		7,7	49,1	0,31		0,16		
				41,1	26,8	9,1									
				2	5	8									
				45	22,3	9,2									
				3	6	9									
49,1	17,2	7,7													
7	6270	28 de Mayo	23H25	1	4	7	18,38		6,2	42	0,34		0,15		
				35,1	15,1	8									
				2	5	8									
				42	13,4	7,4									
				3	6	9									

				38,9	11,6	6,2						
7	6271	28 de Mayo	23H35	1	4	7	21,88	8,9	46,3	0,41		0,19
				42,9	20,2	9,9						
				2	5	8						
				46,3	18,3	10,6						
				3	6	9						
31,3	14,8	8,9										

SENTIDO SUR-NORTE

ZONA	POSTE	FECHA	HORA	MEDICIONES			Emed	Emed PROM	Emin	Emax	Uo (Emin/Eprom)	Uo (Emin/Eprom)	Ug (Emin/Emax)
1	10276	15 de mayo	22H00	1	4	7	33,27	18,61	6,5	110,5	0,1953785	0,46	0,0588235
				110,5	33,7	8,9							
				2	5	8							
				80	24,5	10							
				3	6	9							
25	18	6,5											
1	10277	15 de mayo	22H20	1	4	7	11,17		5,5	21,1	0,4927212		0,2606635
				16,4	9,2	5,5							
				2	5	8							

				21,1	9	6							
				3	6	9							
				17,1	10,6	9,8							
1	10278	15 de mayo	22H40	1	4	7	11,40	23,35	8	16,6	0,7017544	0,36	0,4819277
				16	10	8,2							
				2	5	8							
				16,6	12,8	8,8							
				3	6	9							
				12,2	8	8							
2	14942	21 de mayo	22H30	1	4	7	42,93	23,35	4,5	136,3	0,104834	0,36	0,0330154
				136,3	43,8	5							
				2	5	8							
				113,1	33,6	6,3							
				3	6	9							
				40,4	19,9	4,5							
2	14943	21 de mayo	22H40	1	4	7	13,66	23,35	7,2	24,5	0,5269899	0,36	0,2938776
				24,5	13,6	7,5							
				2	5	8							
				23,4	13,2	7,2							
				3	6	9							
				15,5	11,1	7,7							
2	14369	21 de mayo	22H50	1	4	7	13,46	23,35	5,9	25,7	0,4382544	0,36	0,229572
				25,2	10,9	7,4							
				2	5	8							
				25,7	13,1	8,3							
				3	6	9							
				13,7	10,5	5,9							

3	14386	21 de mayo	23H00	1	4	7	21,84	10,2	44,9	0,4670864	0,2271715
				44	18,5	13,5					
				2	5	8					
				44,9	18,1	15,8					
				3	6	9					
23,7	13,6	10,2	50,51	18,7	114,5	0,3702512	0,1633188				
1	4	7									
114,5	52	43,8									
2	5	8									
104	43,2	38,7									
3	6	9	47,98	14,4	145,1	0,3001563	0,0992419				
30,2	18,7	20									
1	4	7									
145,1	44,4	20,3									
2	5	8									
116,1	37,5	17,6	13,83	5,7	45,4	0,4122966	0,1255507				
3	6	9									
44	18,8	14,4									
1	4	7									
45,4	19,1	5,7									
2	5	8	36,93	11,7	88,3	0,3168585	0,1325028				
21,9	9,7	7,5									
3	6	9									
8,7	9,2	7,2									
1	4	7									
88,3	42,3	18,8	36,93	11,7	88,3	0,3168585	0,1325028				
2	5	8									

				79,2	31,5	18					
				3	6	9					
				27,4	19,8	11,7					
3	13180	21 de mayo	23H55	1	4	7	22,54	9,1	41,7	0,4037715	0,2182254
				35	29,9	9,2					
				2	5	8					
				41,7	21,5	9,1					
				3	6	9					
				24,7	14,5	15,3					
3	13179	22 de mayo	00H01	1	4	7	10,06	3	27,8	0,2981366	0,1079137
				27,8	7	3,5					
				2	5	8					
				24,9	6,7	3					
				3	6	9					
				12,9	6,3	7,6					
3	21747	22 de mayo	00H10	1	4	7	20,60	15,1	27,4	0,7330097	0,5510949
				22,9	19,5	18,5					
				2	5	8					
				27,4	21,1	19,4					
				3	6	9					
				24,8	15,1	16,2					
3	12465	22 de mayo	00H20	1	4	7	47,77	12,7	145,7	0,2658642	0,0871654
				145,7	57,7	32,5					
				2	5	8					
				94,3	37	26					
				3	6	9					
				31,8	18,8	12,7					

3	13183	22 de mayo	00H30	1	4	7	24,69		8,1	47,4	0,3281013	0,1708861	
				42,8	32,1	13,5							
				2	5	8							
				47,4	23,1	12,6							
				3	6	9							
				28,4	12,8	8,1							
4	14999	22 de mayo	22H30	1	4	7	34,62		7	126,5	0,2022026	0,055336	
				126,5	25,5	12,1							
				2	5	8							
				74,5	30,3	11							
				3	6	9							
				27,7	18,7	7							
4	15050	22 de mayo	22H35	1	4	7	21,71	25,17	10,7	44,1	0,4928037	0,35	0,2426304
				44,1	26	10,7							
				2	5	8							
				38,3	20,9	11,1							
				3	6	9							
				21,2	12,8	11,4							
4	15049	22 de mayo	22H40	1	4	7	19,18		6,9	50,2	0,3598435	0,1374502	
				50,2	18,5	9,5							
				2	5	8							
				42,6	14,9	10,1							
				3	6	9							
				19	9,6	6,9							
5	15157	4 de junio	22H45	1	4	7	33,05	28,62	8,9	114,1	0,269289	0,29	0,0780018
				114,1	31,3	8,9							
				2	5	8							

				77,3	27,3	11,4								
				3	6	9								
				24,7	10,5	10,9								
5	15156	4 de junio	22H55	1	4	7	17,56		5,6	43,5	0,3189747		0,1287356	
				37,9	16	6,9								
				2	5	8								
				43,5	14,8	6,6								
				3	6	9								
				22,5	8,3	5,6								
5	15155	4 de junio	23H05	1	4	7	23,25		7,9	51,5	0,3397849		0,1533981	
				48,5	17,8	16,9								
				2	5	8								
				51,5	21,4	9,7								
				3	6	9								
				22,9	16,1	7,9								
5	15154	4 de junio	23H15	1	4	7	40,62		9,3	157,7	0,2289583		0,0589727	
				157,7	28,6	9,3								
				2	5	8								
				100,7	30,5	12,3								
				3	6	9								
				30,7	18,4	10,2								
6	46654	28 de mayo	23H45	1	4	7	9,66	20,82	4,3	18,7	0,4453074	0,39	0,2299465	
				14,7	6,2	4,3								
				2	5	8								
				16,8	8,9	6								
				3	6	9								
				18,7	8,3	6,6								

6	6592	28 de mayo	23H55	1	4	7	19,51	10,1	37,2	0,5176169	0,2715054
				36,8	18,7	10,1					
				2	5	8					
				37,2	18,3	12,1					
				3	6	9					
24	10,8	10,5									
6	6591	29 de mayo	00H05	1	4	7	37,46	9,2	107,8	0,2456199	0,0853432
				107,8	37,2	12,2					
				2	5	8					
				93,2	28,2	13,7					
				3	6	9					
32,1	18,5	9,2									
6	24245	29 de mayo	00H15	1	4	7	16,65	6,1	43,6	0,3663664	0,1399083
				35,1	12,4	6,1					
				2	5	8					
				43,6	12,2	8,2					
				3	6	9					
20,6	7,6	12,2									
7	6273	28 de mayo	22H45	1	4	7	12,34	2,2	25,6	0,1782278	0,0859375
				25,6	4,8	6,7					
				2	5	8					
				22,3	15,7	6,9					
				3	6	9					
6,4	12,9	2,2									
7	6450	28 de mayo	22H55	1	4	7	13,18	4,1	31,5	0,3111954	0,1301587
				20,4	13,8	5,9					
				2	5	8					

				31,5	9,7	4,1						
				3	6	9						
				24,1	9,3	4,2						
7	6449	28 de mayo	23H05	1	4	7	27,03	8,9	49,7	0,3292486		0,1790744
				48,8	28,3	13,3						
				2	5	8						
				49,7	25,9	12,6						
				3	6	9						
				34,9	20,9	8,9						

ANEXO 4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL ACTUAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PÚBLICA

SENTIDO NORTE-SUR

ZONA	POSTE	AREA ILUMINADA	POTENCIA ACTUAL INSTALADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL	POTENCIA PROYECTADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PROYECTADA
1	10299	558,75	400	B	164	A
1	10298	476,25	400	A	164	A
1	10288	567,5	400	B	164	A
2	14332	678,75	400	B	164	A
2	14326	466,25	400	C	164	A
2	14327	570	400	C	164	A
3	14406	424,6	400	D	164	A
3	12464	422,4	400	A	164	A
3	14405	423,5	400	A	164	A
	14404	440	400	D	164	A
3	14403	423,5	400	B	164	A
3	14399	429	400	A	164	A
3	14398	497,2	400	C	164	A
3	14397	433,4	400	B	164	A
3	14396	425,7	400	C	164	A
3	14395	473	400	C	164	A
4	14428	510	400	C	164	A

ZONA	POSTE	AREA ILUMINADA	POTENCIA ACTUAL INSTALADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL	POTENCIA PROYECTADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PROYECTADA
4	14427	618,75	400	A	164	A
4	14426	625	400	C	164	A
5	14499	525	150	A	164	A
5	14498	493,75	400	C	164	A
5	14407	497,5	400	D	164	A
5	14496	562,5	400	B	164	A
6	44869	320,25	400	A	164	A
6	6282	393,75	150	A	164	A
6	14564	460,95	150	A	164	A
6	14563	420	150	A	164	A
7	6149	393,3	150	A	164	A
7	6270	414,2	400	C	164	A
7	6271	420,85	400	C	164	A

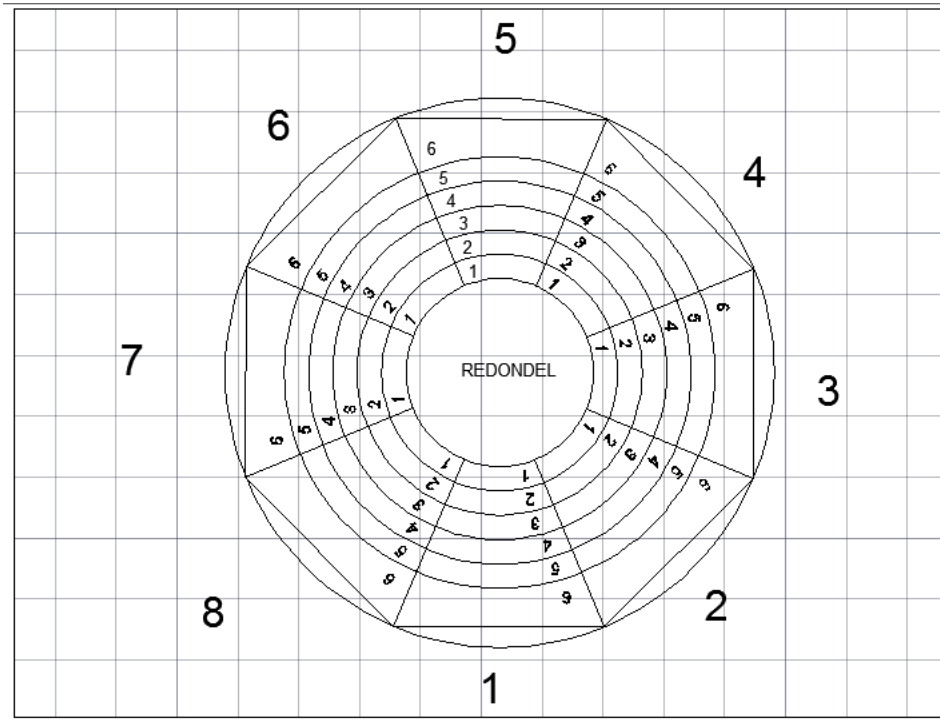
SENTIDO SUR-NORTE

ZONA	POSTE	AREA ILUMINADA	POTENCIA ACTUAL INSTALADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	POTENCIA PROYECTADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PROYECTADA
1	10276	546,25	400	A	164	A
1	10277	547,5	400	C	164	A
1	10278	468,75	400	D	164	A
2	14942	507,5	400	A	164	A

ZONA	POSTE	AREA ILUMINADA	POTENCIA ACTUAL INSTALADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	POTENCIA PROYECTADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PROYECTADA
2	14943	612,5	400	B	164	A
2	14369	462,5	400	D	164	A
3	14386	546	400	A	164	A
3	14387	390	400	A	164	A
3	14991	474	400	A	164	A
	13182	525,6	400	C	164	A
3	13181	439,2	400	D	164	A
3	13180	457,2	400	B	164	A
3	13179	603,6	400	C	164	A
3	21747	482,4	400	B	164	A
3	12465	429,6	250	A	164	A
3	13183	489,6	250	A	164	A
4	14999	504,375	400	A	164	A
4	15050	493,75	400	B	164	A
4	15049	505	400	B	164	A
5	15157	561,25	400	A	164	A
5	15156	493,125	400	C	164	A
5	15155	510	400	B	164	A
5	15154	521,25	400	A	164	A
6	46654	420	250	B	164	A

ZONA	POSTE	AREA ILUMINADA	POTENCIA ACTUAL INSTALADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	POTENCIA PROYECTADA	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PROYECTADA
6	6592	418,95	400	C	164	A
6	6591	423,15	400	A	164	A
6	24245	416,85	400	D	164	A
7	6273	440,8	150	A	164	A
7	6450	332,5	400	E	164	A
7	6449	380	400	C	164	A

ANEXO 5. MEDICIONES DE ILUMINANCIA EN LOS REDONDELES



REDONDEL UNL								
Fecha:	13-jun		Ancho de Vía:			8m		
PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3,6	2,3	3,5	4,6	2,7	2,1	1,6	2,8
2	3,8	2,7	4,0	5,3	4,2	1,9	1,9	3,1
3	3,7	2,4	4,1	5,8	4,3	1,9	1,6	3,4
4	3,9	2,3	3,6	4,8	4,2	2,1	1,6	4
5	4,5	2,4	3,4	4,3	4,7	2,1	1,9	3,8
6	3,8	2,2	3,8	5,4	4,9	1,8	2,3	3,7

E_{min}	1,6	E_{max}	5,8	E_{med}	3,31	$Uo (E_{min}/E_{prom})$	0,4840845
-----------	-----	-----------	-----	-----------	------	-------------------------	-----------

REDONDEL "LA TEBAIDA"								
Fecha:	13-jun		Ancho de Vía:			8m		
PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	16,2	18,6	53,2	129,6	55,9	19,8	7,5	7,7
2	18,9	15,4	35,3	95,4	40,5	22,9	7,7	8,9
3	20,3	8,6	26,2	49,8	35,2	25,3	7,7	10,6
4	21,6	4,6	19,8	23,8	29,4	26,5	8,7	11,4
5	22,7	3,9	5,2	14,5	15,4	35,4	8,7	14,4
6	24,5	3	1,4	6,5	11,9	39,1	8,7	19,2

E_{min}	1,4	E_{max}	129,6	E_{med}	23,28	U_o (E_{min}/E_{prom})	0,0601342
-----------	-----	-----------	-------	-----------	-------	---------------------------------	-----------

REDONDEL CALLE MERCADILLO								
Fecha:	13-jun		Ancho de Vía:			8m		
PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3,6	21,3	24,6	36,2	72,1	28,8	14,5	8,1
2	4,4	22,9	24,8	37,8	81,9	30,7	15,8	8,3
3	6,5	23,1	24,6	40,5	97,6	34,3	16,5	8,7
4	7,7	23,4	24,4	42,5	106	38,7	16,8	9
5	5,1	28,9	27,9	37,9	151,7	38,1	19,4	8,8
6	4,7	31,4	29,1	37,4	166,4	37,2	21	8,7

E_{min}	3,6	E_{max}	166,4	E_{med}	33,54	U_o (E_{min}/E_{prom})	0,1073425
-----------	-----	-----------	-------	-----------	-------	------------------------------	-----------

ANEXO 6. PROPUESTA ECONÓMICA DE TELEGESTIÓN DEL SISTEMA OWLET DE SCHRÉDER

A NIVEL DE PUNTO DE LUZ	PRECIO	CANT.	VALOR TOTAL
Equipo para telegestion SCHREDER COCO Column Controller	1.700,00	176	\$ 299.200,00
A NIVEL DE CUADRO DE CONTROL			
Equipo para telegestion SCHREDER SECO Segment Controller Controla hasta 150 Contralores de Columna Broadcasting Groupo-Comandos por On, Off and Red. flujo Recopila y almacena mensajes y valores durante varios días Transmite estos valores a petición de una base de datos SQL Controlador manual desde la Web Portal Interface para los técnicos	15.550,00	2	\$ 31.100,00
Asesoría y servicios para implementación de Telegestion completa. Tiempo previsto 4 meses	16.700,00	1	\$ 16.700,00
MATERIALES LOCALES			
CAJAS PARA TABLEROS DE CONTROL	536	2	\$ 1.072,00
MATERIALES VARIOS PARA INSTALACIÓN	312,5	2	\$ 625,00
MATERIALES VARIOS PARA AVISO DE ALARME	670	1	\$ 670,00
PCs PARA CADA CENTRAL IOS	600	2	\$ 1.200,00
COSTOS INSTALACIÓN			
MONTAJE E INSTALACIÓN DE CONTROL DE LA LUMINARIA.	17,78	176	\$ 3.129,28
MONTAJE DE ACCESS POINT	536	1	\$ 536,00
MONTAJE CAMARA	670	1	\$ 670,00
MONTAJE E INSTALACIÓN DE CONTROL DE CUADRO O CABINA.	300	2	\$ 600,00
		TOTAL	\$ 355.502,28

ANEXO 7. PROPUESTA ECONÓMICA DE TELEGESTIÓN DE LA EMPRESA ISDE

A NIVEL DE PUNTO DE LUZ	PRECIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
ISL-410-TCH: Nodo control de alumbrado público 1 salida0..10v,1 salida ON/OFF con medidas de tensión, Corrientes y Horas de Función	282,16	183	\$ 51.635,28
ON I/O Modulo REG-M; DIM 1-10V; 36333.073 (Balasto con control de 1-10v)	203,14	183	\$ 37.174,62
Puesta en marcha nodo de control	38,47	183	\$ 7.040,01
A NIVEL DE EQUIPOS DE TRANSFORMADOR			
172103R-460: I.LON SmartServer, programmable	1.990,65	26	\$ 51.756,90
ITE-420: Acoplador trifásico	219,32	26	\$ 5.702,32
IPSS 002-XX: FPM de gestión de latidos para i.LON SS	179,56	26	\$ 4.668,56
IDSS 001-01: Driver Mod Bus de analizador de redes para i.LON SS	179,56	26	\$ 4.668,56
IART-RS485-2: Analizador de redes trifásico	739,21	26	\$ 19.219,46
ISC-50: Sonda de corriente 5/50	53,64	78	\$ 4.183,92
IKR3G-002: Kit router 3G con batería	250,1	26	\$ 6.502,60
IPSS-004-XX: FPM de gestión y alarmas de consumo para i.LON SS	320,65	26	\$ 8.336,90
Puesta en marcha de cabecera	1.115,83	26	\$ 29.011,58
CENTRO DE CONTROL O MANDO-SOFTWARE			
ISCC_L50_1000: Aplicación Contra Centralizado SLA_Lite (hasta 1000 nodos) en 50 cuadros.	8.214,87	1	\$ 8.214,87
MATERIALES LOCALES			
CAJAS PARA TABLEROS DE CONTROL	536	29	\$ 15.544,00
MATERIALES VARIOS PARA INSTALACIÓN	312,5	29	\$ 9.062,50
MATERIALES VARIOS PARA AVISO DE ALARME	670	1	\$ 670,00
PCs PARA CADA CENTRAL IOS	600	2	\$ 1.200,00
COSTOS INSTALACIÓN			
MONTAJE E INSTALACIÓN DE CONTROL DE LA LUMINARIA.	17,78	183	\$ 3.253,74
MONTAJE DE ACCESS POINT	536	1	\$ 536,00
MONTAJE CAMARA	670	1	\$ 670,00
MONTAJE E INSTALACIÓN DE CONTROL DE CUADRO O CABINA.	300	26	\$ 7.800,00
MONTAJE E INSTALACIÓN DE BALASTOS	13,41	183	\$ 2.454,03
CONTROL Y PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS DE TELEGESTION.	11.000,00	1	\$ 11.000,00
		TOTAL	\$ 290.305,85

ANEXO 8. FOTOGRAFÍAS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN



MEDICIONES DE ILUMINANCIA



LECTURAS ARROJADAS POR EL LUXÓMETRO



MEDICIÓN DE LA ILUMINANCIA SEMICILÍNDRICA



ANEXO 9. MEMORÍA TÉCNICA RESULTANTE DE LA SIMULACIÓN EN DIALUX