



MAESTRÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TÍTULO:

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL ECUADOR

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magister en Sistemas Eléctricos de Potencia.

AUTOR: Iván Patricio Genovez Zúñiga

DIRECTOR: Ing. Hernando Merchán Manzano MSC., MBA

Cuenca Ecuador

2015



EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL ECUADOR

RESUMEN

En el Ecuador, la prestación del servicio del alumbrado público general, como: vías, canchas, parques, fachadas, monumentos y espacios públicos, está reglamentada a través de la Regulación del Consejo Nacional de Electricidad CONELEC No. 005/14, que tiene como objetivo fundamental, normar las prestaciones técnicas y económicas del servicio de alumbrado público.

En el país actualmente se cuenta con el laboratorio de luminotecnía del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), en el que se desarrollan procesos de investigación en el ámbito de la iluminación. Laboratorio que permitirá evaluar la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado público y convertirse en apoyo al futuro de la investigación y gestión en iluminación pública.

La investigación, presenta una propuesta de eficiencia energética y su aplicación al servicio de alumbrado público en el país, identificando las principales características técnicas, eléctricas, mecánicas y fotométricas que deben cumplir los equipos de iluminación pública, con el propósito de contribuir a la normalización y regularización del servicio del alumbrado público.

Finalmente, en función de las estadísticas registradas, se estimará la oportunidad de reducir la potencia instalada y la energía en el servicio de alumbrado público, mediante la utilización de equipos de mejores prestaciones tecnológicas, tanto en rendimiento lumínico, como en eficiencia energética, todo esto a través de la instalación de luminarias con tecnología led. Se realizará además, un análisis técnico - económico comparativo con el alumbrado público convencional, considerando su terminología, ventajas, desventajas y tendencias futuras.



PALABRAS CLAVES.

Alumbrado público
Candelas
Eficacia lumínica
Eficiencia
Espectro Electromagnético
Fotometría Óptica
Iluminancia
Intensidad Luminosa
Led
Luminancia
Luxes
Matrices Fotométricas
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable
Reflexión
Relación Entorno
Temperatura de Color
Valor Actual neto
Vapor de Sodio
Vatio de Luz



EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL ECUADOR

ABSTRACT

In Ecuador, the service of public lighting for roads, courts, parks, facades, monuments and public spaces is regulated by the “Regulación del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) No. 005/14”, which fundamental objective is to regulate the technical and economic benefits of public lighting service.

The country currently has a lighting laboratory of the National Institute for Energy Efficiency and Renewable Energy (INER), in it will developed research processes in the field of lighting. In the laboratory will assess the energy efficiency of lighting systems and it will become as support future research and management of public lighting.

This research presents a proposal for energy efficiency and its application to the public lighting service in the country, identifying the main technical, electrical, mechanical and photometric characteristics to be met by public lighting equipment, in order to contribute to the standardization and regulation of street lighting service.

Finally, based on the statistics recorded in public lighting, the chance to reduce the installed power and energy of public lighting service will be estimated through the use of equipment with better technological features in both light efficiency and energy efficiency. All this will be done through the installation of luminaires with LED technology. In addition, a comparative technical - economical analysis will be performed regarding the conventional street lights, considering their terminology, advantages, disadvantages and future trends.



KEY WORDS

Public lighting
Candelas
Luminous efficiency
Efficiency
Electromagnetic Spectrum
Optical photometry
Illuminance
Luminous Intensity
Led
luminance
Lux
Photometric matrices
Ministry of Electricity and Renewable Energy
Reflection
Area ratio
Color temperature
Net Present Value
Sodium Vapor
Watt Light



ÍNDICE DE CAPÍTULOS

RESUMEN	2
PALABRAS CLAVES	3
ABSTRACT	4
KEY WORDS	5
ÍNDICE DE CAPÍTULOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR	15
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	16
DEDICATORIA.....	17
AGRADECIMIENTO.....	18
CAPITULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
1.1.- Identificación del Proyecto	19
1.2.- Descripción del Problema.....	20
1.3.- Justificación.....	21
1.4.- Objetivos	21
1.4.1.- Objetivo General	22
1.4.2.- Objetivos Específicos.....	22
1.5.- Hipótesis.....	22
1.6.- Alcance del proyecto	23
1.7.- Metodología.....	24
CAPITULO II	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1.- La Luz.....	25
2.2.- Fotometría Óptica	26



2.2.1.- Vatio de Luz	27
2.2.2.- Eficacia Luminosa Espectral Máxima	28
2.2.3.- Color	28
2.2.3.1.- Temperatura de Color.....	29
2.2.3.2.- Reproducción del Color	30
2.2.4.- Intensidad Luminosa	31
2.2.5.- Iluminancia (E).....	32
2.2.6.- Luminancia (L).	33
2.2.7.- Magnitudes fotométricas	34
2.2.8.- Principales documentos fotométricos	34
2.3.- Normativa para el alumbrado vial en el Ecuador.....	37
2.3.1.- Regulación CONELEC 005/14	38
2.3.1.1.- Clase de iluminación (M), según las vías	39
2.3.1.2.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (M).....	39
2.3.1.3.- Parámetros fotométricos para tráfico motorizado	41
2.3.1.4.- Parámetros fotométricos para vías peatonales	41
2.3.2.- El Reglamento Técnico RTE INEN 069 “Alumbrado Público”	42
CAPITULO III	44
CÁLCULOS DE ILUMINANCIA Y LUMINANCIA	44
3.1.- Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras.....	44
3.2.- Norma CIE 140: 2000	44
3.2.1.- Campo de cálculo de la luminancia	44
3.2.2.- Posición de puntos de cálculo	45
3.2.2.1.- Posición de puntos de cálculo en un carril	45
3.2.2.2.- Posición del observador.....	46
3.2.2.3.- Número de luminarias incluidas en el cálculo	48
3.2.3.- Iluminancia.....	48
3.2.4.- Campo de cálculo	51
3.2.4.1.- Posición de puntos de cálculo.....	51



3.2.4.2.- Número de luminarias incluidas en el cálculo	52
3.2.5.- Aceras y ciclo vías	52
3.2.6.- Áreas de forma Irregular	53
3.2.6.1.- Número de luminarias incluidas en el cálculo	53
3.2.7.- Cálculo de las características de calidad.....	53
3.2.7.1.- Luminancia Promedio [Lav]	54
3.2.7.2.-La Uniformidad Global [Uo].....	54
3.2.7.3.- Uniformidad Longitudinal [UI]	54
3.2.7.4.- Incremento de Umbral [Ti]	54
3.2.7.5.- La Relación Entorno [SR]	56
3.2.7.6.- Iluminancia media de la calzada (Eav).....	56
3.2.7.7.- Iluminancia mínima en la calzada	56
3.2.7.8.- Iluminancia media de la acera	57
3.2.7.9.- Iluminancia mínima en la acera	57
3.2.7.10.- Uniformidad de iluminancia.....	57
3.2.7.11.- Datos auxiliares	57
CAPITULO IV	59
DEFINICIÓN DE VÍAS TIPO, ANÁLISIS Y MEDICIONES.....	59
4.1.- Introducción.....	59
4.2.- Tipo de vías	60
4.2. 1.- Aspectos Generales	60
4.2. 2.- Tipo de reflexión.....	61
4.2. 3.- Clasificación de las vías	62
4.2. 4.- Factor de mantenimiento [Fm].....	63
4.2.5.- Muestras de equipos	64
4.2.6.- Flujo de las fuentes de luz.....	65
4.3.- Análisis y Mediciones	66
4.3.1.- Simulaciones.....	66
4.3.1.1- Análisis de los resultados.	67



4.3.1.1.1-	Luminarias de vapor de Sodio	67
4.3.1.1.2-	Luminarias Led.....	73
4.3.2.-	Mediciones	82
4.3.2.1.-	Mediciones eléctricas.....	82
4.3.2.1.1-	Mediciones eléctricas de luminarias de vapor de Sodio	83
4.3.2.1.2-	Mediciones eléctricas de las luminarias Led	84
4.3.2.2.-	Mediciones fotométricas	88
4.3.2.2.1.-	Mediciones fotométricas en luminarias de vapor de Sodio	89
4.3.2.3.-	Otras mediciones.....	92
4.3.2.3.1.-	Relación [lx/W] en luminarias de vapor de Sodio.....	92
4.3.2.3.2.-	Relación [lx/W] en luminarias Led	95
4.3.2.3.3.-	Equivalencia de potencias de fuentes de Sodio Vs Led	98
CAPITULO V	105
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO PÚBLICO	105
5.1.-	Situación actual del alumbrado público en el Ecuador	105
5.1.1.-	Mejora de la Curva de Carga	112
5.1.2.-	Reducción de emisión de Dióxido de Carbono (CO2)	113
5.2.-	Alumbrado público con luminarias Led	115
5.2.1.-	Ventajas	115
5.2.2.-	Desventajas	117
5.2.3.-	Aplicaciones.....	118
5.2.4.-	Aplicaciones Led a sistemas de alumbrado público.....	120
5.3.-	Evaluación Técnica - Económica	121
5.3.1.-	Proyecto Piloto	122
5.3.1.1.-	Piloto con luminarias de Sodio.....	124
5.3.1.2.-	Piloto con Luminarias Led.....	126
5.3.1.4.-	Análisis del proyecto de sustitución para luminarias de Sodio de 150W	130
5.3.1.5.-	Beneficios económicos del proyecto.....	132



CAPITULO VI.....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA, HEMEROGRAFÍA Y FUENTES DE CONSULTA.....	138
ANEXOS.....	140



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1.- Eficacia luminosa de varios tipos de lámparas	28
Tabla 2. 2.- Principales magnitudes fotométricas.....	34
Tabla 2. 3.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (<i>M</i>)	40
Tabla 2. 4.- Niveles de luminancia para tráfico motorizado.....	41
Tabla 2. 5.- Niveles de iluminancia para tráfico peatonal.....	41
Tabla 2. 6.- Parámetros fotométricos para zonas de conflicto	42
Tabla 4. 1.-Tipos de calzadas para el Ecuador	61
Tabla 4. 2.- Características geométricas en tipo de vías	62
Tabla 4. 3.- Código de protección IP.....	63
Tabla 4. 4.-Resumen de resultados para vías tipo M5	67
Tabla 4. 5.- Resumen de resultados para vías tipo M4	68
Tabla 4. 6.- Resumen de resultados para vías tipo M3	69
Tabla 4. 7.- Resumen de resultados para vías tipo M2	70
Tabla 4. 8.- Resumen de resultados para vías tipo M1- Tres Bolillo	71
Tabla 4. 9.- Resumen de resultados para vías tipo M1- Central doble	72
Tabla 4. 10.- Resumen de las matrices de luminarias led utilizadas.....	73
Tabla 4. 11.- Datos parciales de la matrices fotométricas TECEO2 136 leds..	74
Tabla 4. 12.- Resumen de resultados para vías tipo M5	75
Tabla 4. 13.- Resumen de resultados para vías tipo M4	76
Tabla 4. 14.- Resumen de resultados para vías tipo M3	77
Tabla 4. 15.- Resumen de resultados para vías tipo M2	78
Tabla 4. 16.- Resumen de resultados para vías tipo M1	79
Tabla 4. 17.- Resumen de resultados en Sodio y Led, que cumplen la regulación.....	81
Tabla 4. 18.- Resumen de los principales parámetros eléctricos medidos [Sodio].....	83
Tabla 4. 19.- Resumen de los principales parámetros eléctricos medidos [Led]	84
Tabla 4. 20.- Resumen de medidas fotométricas en vías de la ciudad de Cuenca.....	91



Tabla 4. 21.- Resultados de potencia de entrada en luminarias 250W	92
Tabla 4. 22.- Resultados de potencia de entrada en luminarias 150W	93
Tabla 4. 23.- Resultados de la relación [lm/W], en luminarias de Sodio	95
Tabla 4. 24.- Mediciones eléctricas en sistemas de telegestión de luminarias Led	96
Tabla 4. 25.- Resultados de la relación [lm/W], en luminarias Led.....	98
Tabla 4. 26.- Resultados de equivalencia de potencia Sodio vs Led	103
Tabla 4. 27.- Equivalencia de potencias Sodio Vs Led	104
Tabla 5. 1.- Energía facturada por tipo de consumo periodo 2010-2014	105
Tabla 5. 2.- Relación [CR/Li]: clientes residenciales por luminarias instaladas	106
Tabla 5. 3.- Relación [W AP/CR]: potencia alumbrado público clientes residenciales	107
Tabla 5. 4.- Precios medios a clientes finales de distribuidoras (USD c/kWh)	109
Tabla 5. 5.- Tipo de luminarias instaladas a dic/2013	110
Tabla 5. 6.- Principales datos del alumbrado público del año 2013	111
Tabla 5. 7.- Variaciones de potencia y energía por cambio de fuentes de luz	112
Tabla 5. 8.- Reducción de CO ₂ al medio ambiente por cada kW ahorrado ...	115
Tabla 5. 9.- Resumen de tiempos empleado en las tareas de mantenimiento	123
Tabla 5. 10.- Resumen de la vida útil y costo de accesorios de luminarias ...	124
Tabla 5. 11.- Evaluación financiera del proyecto piloto “Luminarias de Sodio”	125
Tabla 5. 12.- Evaluación financiera del proyecto piloto “luminarias Led”	127
Tabla 5. 13.- Cuadro comparativo de inversión “Sodio 250W vs. Led 200W”	128
Tabla 5. 14.- Sensibilidad financiera del proyecto “luminaria de 250W”	129
Tabla 5. 15.- Cuadro comparativo de inversión Sodio 150W vs. Led 120W .	130
Tabla 5. 16.- Sensibilidad financiera del proyecto “luminaria de 150W”	131



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.- Que es la luz.....	25
Figura 2. 2.- Espectro electromagnético	26
Figura 2. 3.- Curva de sensibilidad del ojo para visión fotópica	27
Figura 2. 4.- Diagrama de cromaticidad de la CIE 1976	29
Figura 2. 5.- CRI de fuentes de luz comunes.....	31
Figura 2. 6.- Representación de la intensidad luminosa	32
Figura 2. 7.- Representación de la iluminancia	32
Figura 2. 8.- Representación de la luminancia.....	33
Figura 2. 9.- Sistemas de coordenadas C - γ	34
Figura 2. 10.- Diagrama polar cartesiano de una luminaria de sodio 250W	36
Figura 2. 11.- Curvas isolux de una luminaria de sodio 250W	36
Figura 3. 1.- Campo de cálculo de luminancia de una calzada.....	45
Figura 3. 2.- Posición de los puntos de cálculo de una calzada.....	45
Figura 3. 3.- Posición del observador en varios tipos de carretera	47
Figura 3. 4.- Posición de luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de cálculo.	48
Figura 3. 5.- Ángulos utilizados en el cálculo de la iluminancia semicilíndrica .	50
Figura 3. 6.- Campo de cálculo típica de la carretera.....	51
Figura 4. 1.- Programa Ulysse V2.3.....	60
Figura 4. 2.- Flujo luminoso de fuentes de vapor de Sodio	65
Figura 4. 3.- Simulación fotométrica, luminaria TECEO2 ajustada a 325W; Ulysse2.3	80
Figura 4. 4.- Potencia activa, luminaria Green Star 72 Led.....	85
Figura 4. 5.- Fasores de tensión y corriente, luminarias Green Star 72 Led....	85
Figura 4. 6.- Corriente de arranque de la luminaria Schreder, Claro 151W	86
Figura 4. 7.- Principales características recomendadas para luminarias Led ..	87
Figura 4. 8.- Luxómetro Extech HD450.....	88
Figura 4. 9.- Luminancímetro MAVO-SPT 2	89
Figura 4. 10.- Resumen de las mediciones fotométricas, para una vía tipo M1	90
Figura 4. 11.- Mediciones de Iluminancia en nivel máximo y reducido (250W)	93



Figura 4. 12.- Mediciones de Iluminancia en nivel máximo y reducido (**150W**) 94

Figura 4. 13.- Mediciones de iluminancia y luminancia, método de los 9 puntos
..... 97

Figura 4. 14.- Mediciones de luminancia e iluminancia. Calle Pablo Neruda... 99

Figura 4. 15.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (250W- Na)..... 100

Figura 4. 16.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (Led 164W)..... 101

Figura 4. 17.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (Led 80W)..... 102

Figura 5. 1.- Evolución de la relación [CR/Li] periodo 2003-2013 106

Figura 5. 2.- Evolución de la relación [WAP/CR] periodo 2003-2013..... 107

Figura 5. 3- Demanda máxima de potencia (MW), año 2013..... 108

Figura 5. 4.- Evolución del Precio medio de alumbrado público 2002-2014 .. 109

Figura 5. 5.- Resumen del tipo de fuentes de luz instaladas a dic/2013 111

Figura 5. 6.- Demanda (MW), del día típico del mes de mayo 2015,
CENTROSUR 113

Figura 5. 7.- Componente de Generación año 2011 114

Figura 5. 8.- Luminaria Led ENYTEL, modelo PET 192OH; 154W 121



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, Iván Patricio Genovez Zúñiga, autor de la tesis “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL ECUADOR”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de “Magister en Sistemas Eléctricos de Potencia”, el uso que la Universidad de Cuenca hiciera a este trabajo, no implicará afectación alguna de mis derechos morales o particulares como autor,

Cuenca, 25 de junio de 2015

.....
Iván Patricio Genovez Zúñiga

C.I. 0102283876



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Iván Patricio Genovez Zúñiga, autor de la tesis "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL ECUADOR", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca, 25 de junio de 2015

.....
Iván Patricio Genovez Zúñiga

C.I. 0102283876



DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada al esfuerzo, comprensión y apoyo de mi esposa, Katherine Ramírez, quién con su aliento y cariño supo fortalecerme en mis momentos de flaqueza, a mi madre María Luisa, la motivadora de mis estudios desde niño, así también a mis hijos, Karla, Paola y Sebastián, quiénes son el motor de mi vida.

.



AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme bendecido y permitido culminar con éxito la maestría, a mis amigos, compañeros de estudio, docentes, profesores de la maestría de Sistemas Eléctricos de Potencia de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Cuenca, y de manera muy especial a mi Director, Ing. Hernando Merchán, por su paciencia, apoyo y sobre todo por ser guía de la presente investigación.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.- Identificación del Proyecto

Los requerimientos de iluminación que deben cumplir las vías para el tráfico motorizado y peatonal, espacios verdes, parques, canchas deportivas, fachadas y monumentos públicos, se describen en varias normas internacionales que, por lo general, son de aplicación en países como: Estados Unidos, Colombia, Brasil, Argentina, España, Bélgica y otros.

En el Ecuador, la prestación del servicio del alumbrado público está reglamentada a través de la Regulación del Consejo Nacional de Electricidad “CONELEC No. 008/11, que tiene como objetivo normar las condiciones técnicas, económicas y financieras que permitan a las distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo”¹.

El país, actualmente cuenta con un laboratorio especializado en iluminación, que permitirá determinar las bondades fotométricas de las luminarias instaladas en los sistemas de alumbrado público y de las que se incorporan al mercado nacional, las mismas que potencialmente podrían ser convenientes para futuros proyectos de iluminación. En este ámbito, se ha adoptado como normativa propia las aplicadas a nivel internacional y como requisito la documentación de las diferentes pruebas eléctricas, mecánicas y fotométricas de laboratorios especializados independientes del fabricante.

¹ Regulación N° CONELEC 008/11, para la prestación del Servicio de Alumbrado Público General, aprobada por el Directorio del Consejo Nacional de Electricidad, en sesión del 24 de noviembre de 2011



La presente investigación pretende adoptar una propuesta de eficiencia energética y su aplicación al servicio de alumbrado público por parte de las empresas distribuidoras.

Considerando las estadísticas registradas en los sistemas de alumbrado público del país, se ha visto la oportunidad de reducir la potencia adicional y los consumos imputables a los diferentes accesorios de luminarias que actualmente están instaladas según la fuente de luz, tales como: balasto, ignitor y condensador, los mismos que podrían ser optimizados con la utilización de equipos de mejores prestaciones tecnológicas, tanto en rendimiento lumínico, como en eficiencia energética.

Adicionalmente, se hace indispensable identificar las principales características técnicas eléctricas, mecánicas y fotométricas que deben cumplir estos equipos de iluminación pública, con el propósito de contribuir con la normalización y regularización del servicio del alumbrado público del país, y así brindar mayor confort, seguridad y bienestar a los usuarios del servicio.

1.2.- Descripción del Problema

La demanda creciente de energía eléctrica del país, unida a los cambios en los hábitos de consumo de los usuarios del servicio de electricidad, ha provocado el surgimiento de nuevos requerimientos energéticos, convirtiéndose éstos en factores determinantes que impulsan a las empresas distribuidoras a buscar mecanismos adecuados para satisfacer estas necesidades y al mismo tiempo optimizar sus recursos, entre otros, los sistemas de alumbrado público general.

Con este antecedente, y con la finalidad de reducir la potencia instalada, además del consumo de energía de los sistemas de alumbrado público, cuya participación en la curva de demanda diaria representa alrededor del 5% en



condiciones de hora pico, donde el país tiene mayores requerimientos de generación térmica. La presente investigación identifica la necesidad de optimizar los servicios del alumbrado público de las empresas distribuidoras del país, en los ámbitos que conduzcan al mejoramiento del servicio y a la eficiencia en el consumo de energía.

1.3.- Justificación

Mediante el desarrollo del proyecto, se pretende establecer una guía de información relacionada con la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado público general instalado en el país, determinando los principales beneficios de la aplicación a los usuarios del servicio de electricidad, como para las empresas de distribución eléctrica, los estudiantes e investigadores.

En cuanto a los usuarios del servicio de electricidad, el beneficio es directo, se ofrece niveles normalizados de calidad y confort visual, entre tanto para las empresas de distribución, la ventaja de la disminución de los costos de energía y la mejora en la calidad del servicio de iluminación prestada.

En relación con el investigador, la ampliación de los conocimientos sobre las nuevas tecnologías de iluminación aplicadas a los sistemas de alumbrado público y contribuir con el uso racional y eficiente de la energía, temas que han sido estudiados durante la Maestría de Sistemas Eléctricos de Potencia de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Cuenca.

1.4.- Objetivos

El propósito planteado en este proyecto de tesis, responden a los lineamientos relacionados con la eficiencia energética en la prestación del servicio de



alumbrado público y su aplicación en las empresas de distribución del país, para lo cual se trazan los siguientes objetivos:

1.4.1.- Objetivo General

Contribuir en parte a la solución del problema de escasez energética que vive el país, llevando a cabo un análisis teórico práctico de eficiencia energética, basado en principios técnicos, que aporten información relevante para la toma de decisiones en la instalación de los sistemas del alumbrado público.

1.4.2.- Objetivos Específicos

Realizar el análisis técnico-económico y normativo de eficiencia energética planteado en el objetivo general, considerando los siguientes aspectos:

1. Ahorro del consumo de energía en los sistemas de alumbrado público.
2. Mejora de la curva de carga diaria del sistema eléctrico.
3. Reducción de los costos de energía de los sistemas de alumbrado público.
4. Reducción de las emisiones ambientales (emanación de gases).
5. Contribución a la reducción de costos de mantenimiento imputables al remplazo de partes en los equipos de iluminación.
6. Contribución al adelanto tecnológico en equipos de iluminación pública
7. Definición de las principales características de luminarias led y su equivalencia en potencia e iluminancia, en relación con otras fuentes de luz instaladas.

1.5.- Hipótesis



La aplicación de la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado público de las empresas de distribución del país, mediante el cambio masivo de las luminarias de vapor de sodio instaladas por fuentes de mayor eficiencia energética y lumínica, como las luminarias de tecnología led, permitirá la mejora de la curva de carga del país. Adicionalmente la optimización de los recursos económicos de las empresas de distribución, debido a la reducción de los gastos incurridos en el mantenimiento de los equipos de sodio y por la reducción de la compra de energía.

1.6.- Alcance del proyecto

Analizar y evaluar los diferentes parámetros técnicos aplicados en otros países, como: Colombia, Argentina, Estados Unidos, España, para posteriormente definir en función de las características propias del Ecuador, de las realidades de las empresas de distribución y de las diferentes pruebas y ensayos a varios equipos de iluminación led disponibles en el medio, las principales características técnicas y lumínicas de equipos, en la prestación del servicio del alumbrado público.

En lo relacionado con la eficiencia energética, la propuesta de la investigación se basa en el cambio de las diferentes fuentes de luz instaladas, por equipos de mejores prestaciones tecnológicas, para lo cual se realizará una evaluación técnica, ambiental y financiera, que sirva de apoyo para determinar el grado de rentabilidad de la inversión, el tiempo de recuperación y la relación beneficio/costo que se obtendría con la eventual implementación de los cambios propuestos.

Finalmente, como resultado de la investigación se establecerán las conclusiones y recomendaciones, las mismas que podrán servir de punto de partida a las empresas de distribución y al ente regulador en la prestación del servicio de alumbrado público del país.



1.7.- Metodología

Se trata de una investigación del tipo constructivo, mediante el cual se plantean y definen soluciones a ser aplicadas y normadas en los sistemas de alumbrado público de las empresas de distribución del país, con el objetivo de contribuir a la eficiencia energética. Con este antecedente se planifica la siguiente metodología:

- Recolección de información
- Revisión, corrección, clasificación y optimización de la información.
- Correlación de datos; una vez realizado el análisis de la información y la interpretación de la misma, corresponde determinar la validez de su predicción e interpretación de la información recolectada, lo que significa que dicha predicción o interpretación debe tener correspondencia con los objetivos planteados.
- Presentación de datos; la presentación de la información será realizada de una manera clara, concisa, simplificada, entendible, para cualquier persona. Esta información se mostrará en cuadros, tablas, diagramas y gráficos en sus diversas formas.
- Identificación y definición de los parámetros técnicos para la calidad en la prestación del servicio del alumbrado público.
- Propuesta de implementación de planes pilotos relacionados con la eficiencia energética en la prestación del servicio del alumbrado público.
- Documentación permanente.
- Redacción final de la disertación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- La Luz

Se llama luz (del latín lux, lucis) a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. En física, el término luz se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, mientras que la expresión luz visible señala específicamente la radiación en el espectro visible².

Figura 2. 1.- Que es la luz



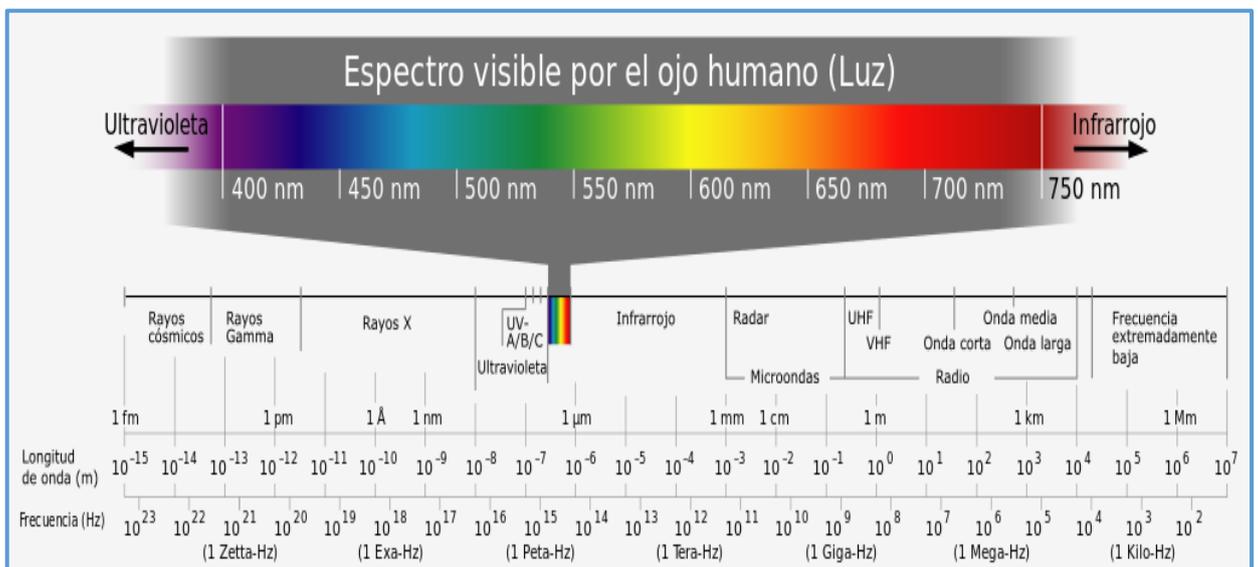
Se define como Espectro Electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación

² Definición extraída de WIKIPEDIA, enciclopedia libre: <http://es.wikipedia.org/wiki/Luz>

electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia³.

El espectro electromagnético va desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos cósmicos, rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, a la luz visible que es la parte del espectro que podemos ver (longitudes de onda de 380nm a los 750 nm), a los rayos infrarrojos, hasta las de mayor longitud de onda como las electromagnéticas y las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo.

Figura 2. 2.- Espectro electromagnético



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

2.2.- Fotometría Óptica

La Fotometría es la ciencia que se encarga de la medida de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano. Es decir, estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual.⁴

³ Definición extraída de WIKIPEDIA, enciclopedia libre: http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

El objetivo de la fotometría es medir la radiación luminosa. La fotometría se expresa a través de un cierto número de conceptos que son:

2.2.1.- Vatio de Luz

La sensibilidad del ojo varía con la longitud de onda, con lo cual la sensibilidad máxima del ojo viene dada para una longitud de onda de 555nm (amarillo). Podemos definir entonces el Vatio de luz, como “el vatio de potencia radiada a la longitud de onda de 555 nm”.⁵

Para longitudes de onda diferentes, se debe considerar el factor de sensibilidad del ojo relativo, el mismo que se define por la curva de sensibilidad del ojo para visión fotópica, llamada curva $V-\lambda$.

Figura 2. 3.- Curva de sensibilidad del ojo para visión fotópica



Fuente: Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005

Así por ejemplo, un Vatio de Potencia radiado a una longitud de onda diferente dentro del espectro visible, se debe multiplicar por el factor de sensibilidad del ojo relativo para esta longitud de onda.

⁴ Definición extraída de WIKIPEDIA, enciclopedia libre:
http://es.wikipedia.org/wiki/Fotometr%C3%ADa_%28%C3%B3ptica%29

⁵ Definición extraída de la Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005.



Para $\lambda = 490 \text{ nm}$, $V(\lambda) = 20\%$

1 vatio de Potencia x 0.2 = 0.2 Vatio de luz

2.2.2.- Eficacia Luminosa Espectral Máxima

La cifra conocida como Eficacia Luminosa Espectral Máxima, puede definirse como: “Un vatio de potencia radiante con una longitud de onda de 555 nm, es igual a 683 lúmenes.”⁶

**Así, un Vatio de potencia radiada a $\lambda = 490 \text{ nm}$
Es igual a: $0,2 \times 683 = 137 \text{ lúmenes}$**

Tabla 2. 1.- Eficacia luminosa de varios tipos de lámparas

Tipo de Lámpara	Potencia Eléctrica (W)	Flujo Luminoso (lm)	Eficacia (lm/W)
Dínamo de bicicleta	3	30	10
Incandescencia	75	900	12
Fluorescencia	58	5.200	90
Sodio Baja Presión	180	32.000	178
Sodio Alta Presión	100	10.500	105
Mercurio Baja Presión	1.000	58.000	58
Halogenuros Metálicos	2.000	190.000	95

Fuente: Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005

2.2.3.- Color

El Color de un objeto depende de la distribución de potencia espectral de la fuente de luz, y de las propiedades de reflexión espectral (o transmisión) de la superficie del objeto.

⁶ Definición extraída de la Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005



Las propiedades de color de una fuente de luz, se describen normalmente por:

- a) Su aspecto de color o temperatura de color (correlacionada).
- b) Sus propiedades de reproducción del color (capacidad de reproducir los colores de los objetos).

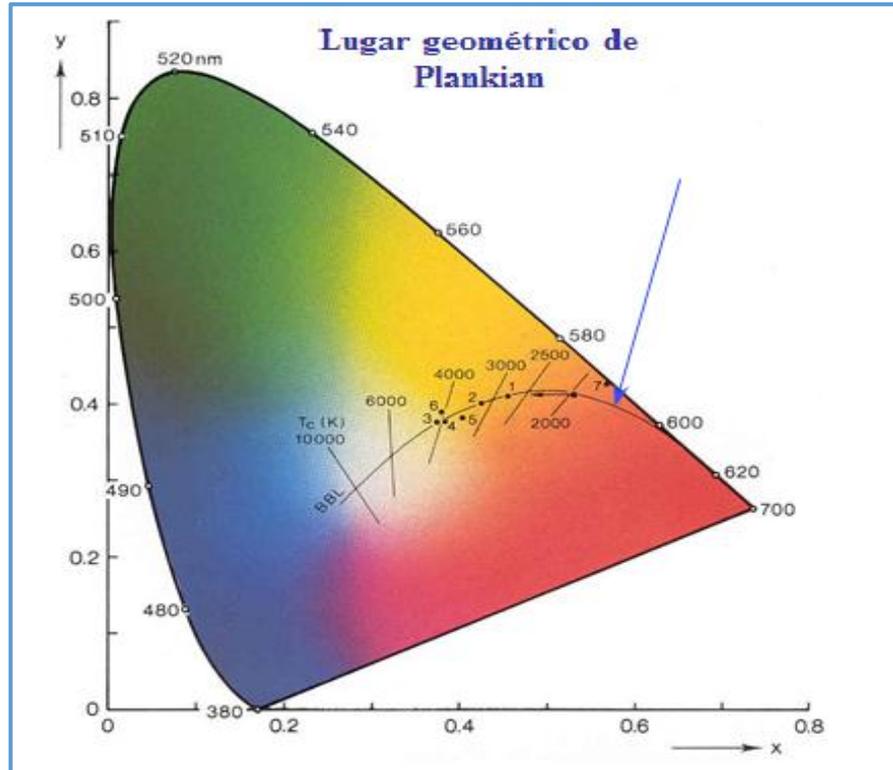
2.2.3.1.- Temperatura de Color

La temperatura de color de una fuente de luz, se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa.⁷

En resumen, la temperatura de color de una fuente de luz, es la temperatura absoluta de un cuerpo negro radiante en grados kelvin (K), que tiene un color igual al de la fuente luz.

Figura 2. 4.- Diagrama de cromaticidad de la CIE 1976

⁷ Definición extraída de WIKIPEDIA, enciclopedia libre: http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color
Lugar geométrico de Plankian: curva formada en el diagrama de cromaticidad CIE 1976 al trazar las cromaticidades de un cuerpo negro a varias temperaturas



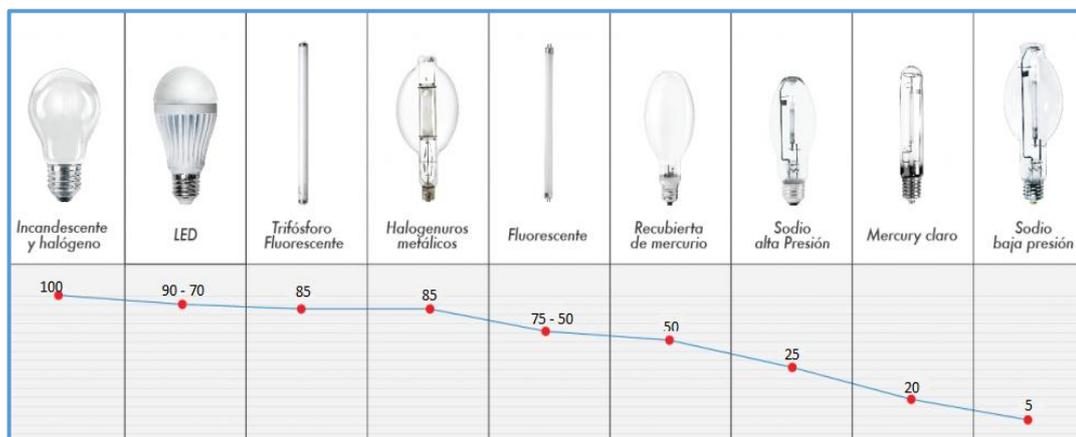
Algunos ejemplos aproximados de temperatura de color:

- 1700 K: Luz de una cerilla,
- 1850 K: Luz de vela,
- 2800 K: Luz incandescente o de tungsteno, cálida (iluminación doméstica convencional),
- 3000 K: tungsteno (con lámpara halógena),
- 4000 - 4500 K: Lámpara de mercurio,
- 2700 K hasta los 10000 K: Luz Fluorescente (aproximado),
- 5500 K: Luz de día, flash electrónico (aproximado),
- 5780 K: Temperatura de color de la luz del sol pura,
- 6420 K: Lámpara de Xenón,
- 9300 K: Pantalla de televisión convencional (CRT),
- 28000–30000 K: Relámpago.

2.2.3.2.- Reproducción del Color

Las propiedades de reproducción del color de la fuente de prueba, representan el porcentaje de los cambios de cromaticidad que ocurren cuando los colores de prueba se iluminan alternativamente con la lámpara de prueba y con la fuente de referencia de la misma temperatura de color. El valor máximo del índice de reproducción del color general (Ra) o Índice de Reproducción Cromática (CRI) de una fuente luminosa es igual a 100.

Figura 2. 5.- CRI de fuentes de luz comunes



Fuente: Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005

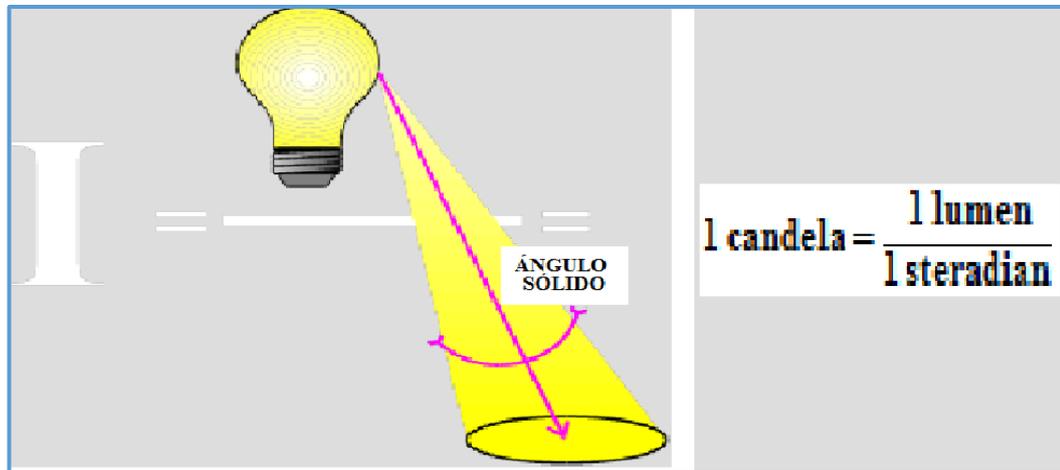
Como se puede observar, el uso o utilización de las diferentes fuentes de luz dependen del objetivo a iluminar, así disponemos de fuentes de luz con Eficacias Luminosas ($lm/W=178$) mayores, pero con Índice de Reproducción Cromática (CRI= 5) menores, como es el caso de la fuente de luz de sodio baja presión, cuya utilización en consideración de su eficacia sería por ejemplo en el alumbrado de túneles donde más que reproducir los colores se requiere de niveles de iluminación; en otros donde se requiere de una buena reproducción de colores, como por ejemplo: en vitrinas de almacenes y estanterías, las fuentes de luz a utilizar deberían de ser las incandescentes, mercurio halogenado o led.

2.2.4.- Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa, es el concepto de la concentración de luz en una dirección específica, radiada por segundo, o por definición: La Intensidad Luminosa es el flujo luminoso en una cierta dirección, radiada por unidad de

ángulo sólido⁸. La intensidad luminosa puede ser expresada en candelas (cd) o en lúmenes por estereorradián (lm/sr).

Figura 2. 6.- Representación de la intensidad luminosa



2.2.5.- Iluminancia (E).

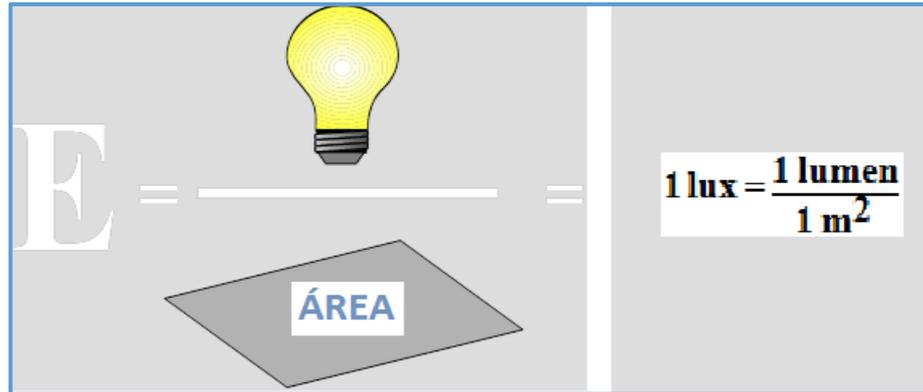
La iluminancia (E), es la cantidad de luz, o de flujo luminoso, que llega a una unidad de superficie, o por definición: La Iluminancia, es la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie⁹.

La iluminancia se mide con el instrumento llamado iluminancímetro o luxómetro, aparato que debe disponer de un sensor de corrección de la curva $V(\lambda)$, mediante filtros especiales; y, de la corrección del coseno, debido a que la superficie iluminada no es perpendicular a la dirección de incidencia de la luz. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

Figura 2. 7.- Representación de la iluminancia

⁸ Definición extraída de la Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005.

⁹ Definición extraída del REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO" Lux.- Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$); RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO"

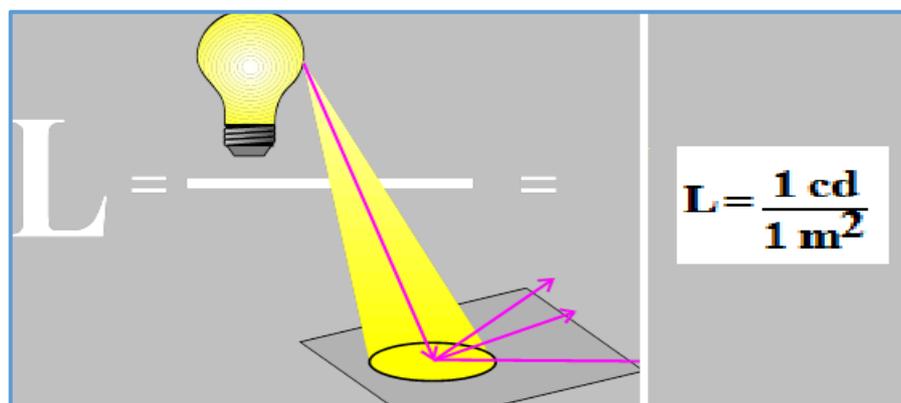


2.2.6.- Luminancia (L).

La luminancia (L), en un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada, producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada¹⁰.

La luminancia se mide con el instrumento llamado luminancímetro, instrumento que debe corregir mediante filtros la curva $V(\lambda)$. La unidad de la luminancia es candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Figura 2. 8.- Representación de la luminancia



¹⁰ Definición extraída del REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO" Lux.- Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado ($lx = 1 lm/m^2$); RTE INEN 069 "ALUMBRADO PÚBLICO"



En el caso de la luminancia, se debe considerar que la propia superficie puede estar emitiendo luz como la superficie de una lámpara o puede reflejar luz de otra fuente, como la superficie de una calzada. Como conclusión podemos decir que: Superficies con propiedades de reflexión diferentes, tendrán con la misma iluminancia, diferente luminancia.

2.2.7.- Magnitudes fotométricas

La siguiente tabla presenta las principales magnitudes fotométricas, su unidad de medida, símbolo y abreviatura.

Tabla 2. 2.- Principales magnitudes fotométricas

Magnitud fotométrica	Símbolo	Unidad	Abreviatura
Cantidad de luz o energía lumínica	Qv	<u>lumen.segundo</u>	lm·s
Flujo luminoso o potencia luminosa	F	lumen (= cd·sr)	lm
Intensidad luminosa	Iv	<u>candela</u>	cd
Luminancia	Lv	candela /metro ²	cd /m ²
Iluminancia	Ev	<u>lux</u>	lx
Emitancia luminosa	Mv	lux	lx

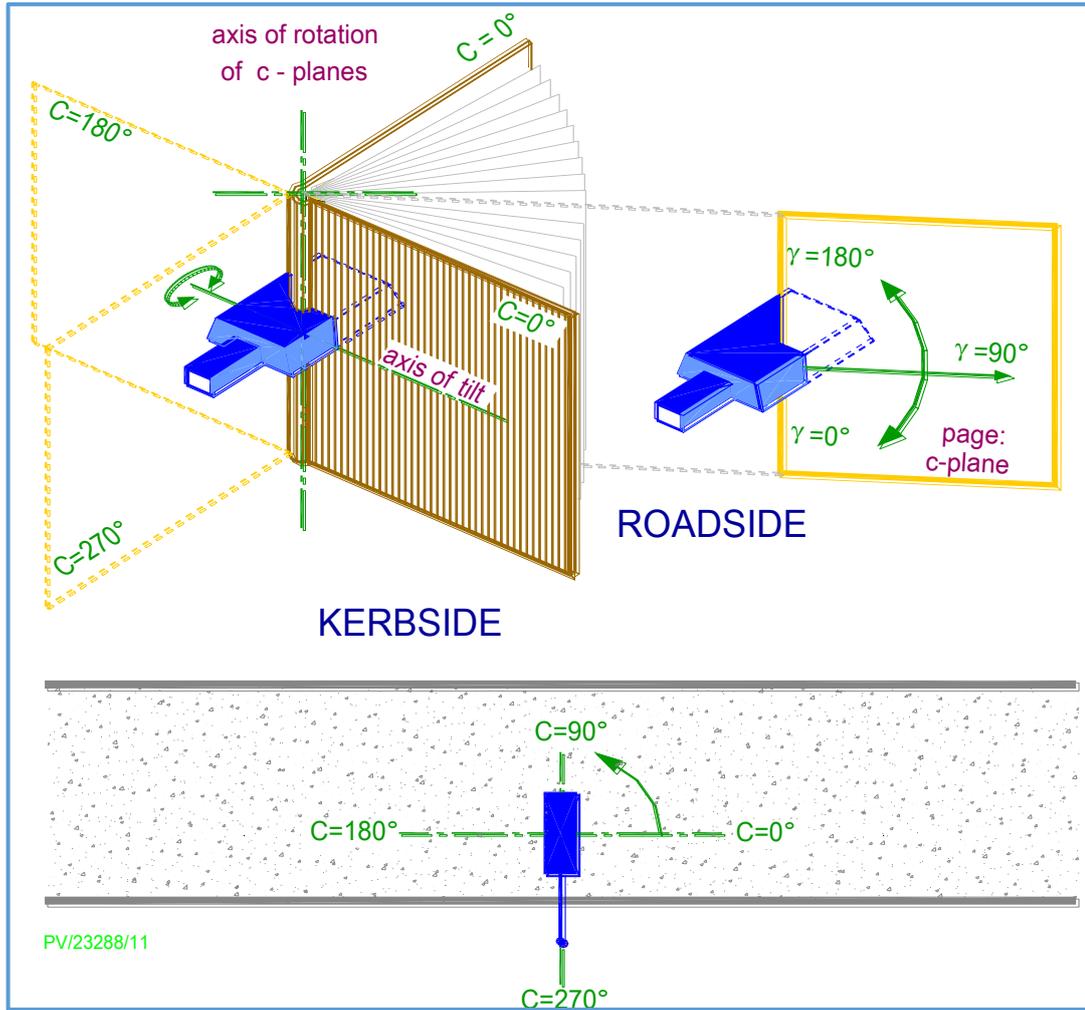
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Fotometr%C3%ADa_%28%C3%B3ptica%29

2.2.8.- Principales documentos fotométricos

Todos los test fotométricos de los laboratorios certificados, así como los documentos fotométricos de una luminaria, se establecen para un flujo luminoso de la lámpara de 1000 lúmenes. Estos documentos fotométricos principalmente son:

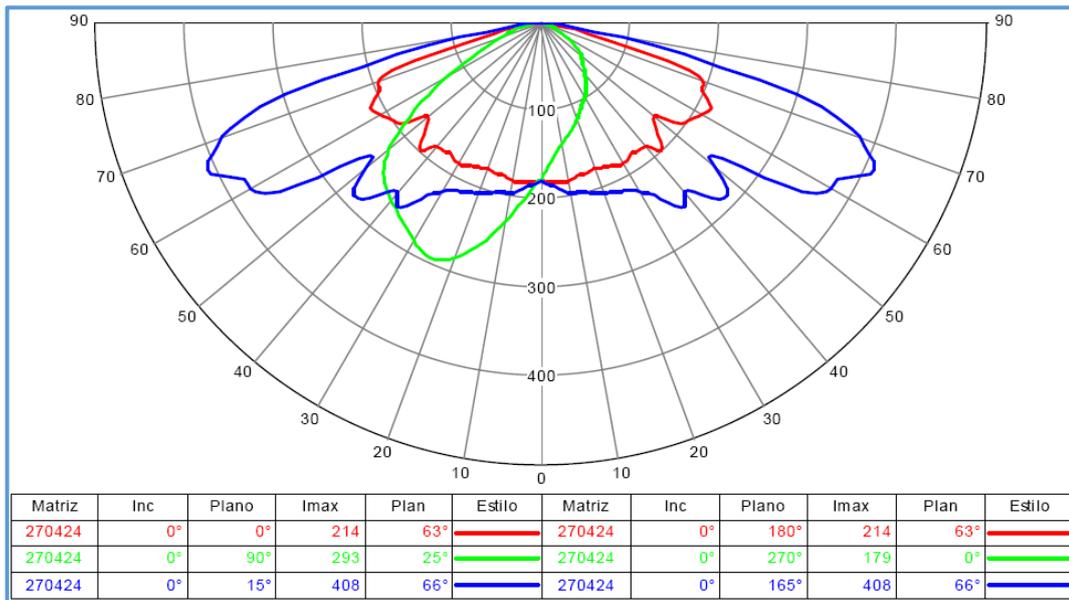
- Tablas de intensidad,
- Diagrama polar de intensidad luminosa,
- Diagrama cartesiano de intensidad luminosa,
- Sistemas de coordenadas C - γ

Figura 2. 9.- Sistemas de coordenadas C - γ



Fuente: Presentación unidades fotométricas Schreder – Bélgica, año 2005

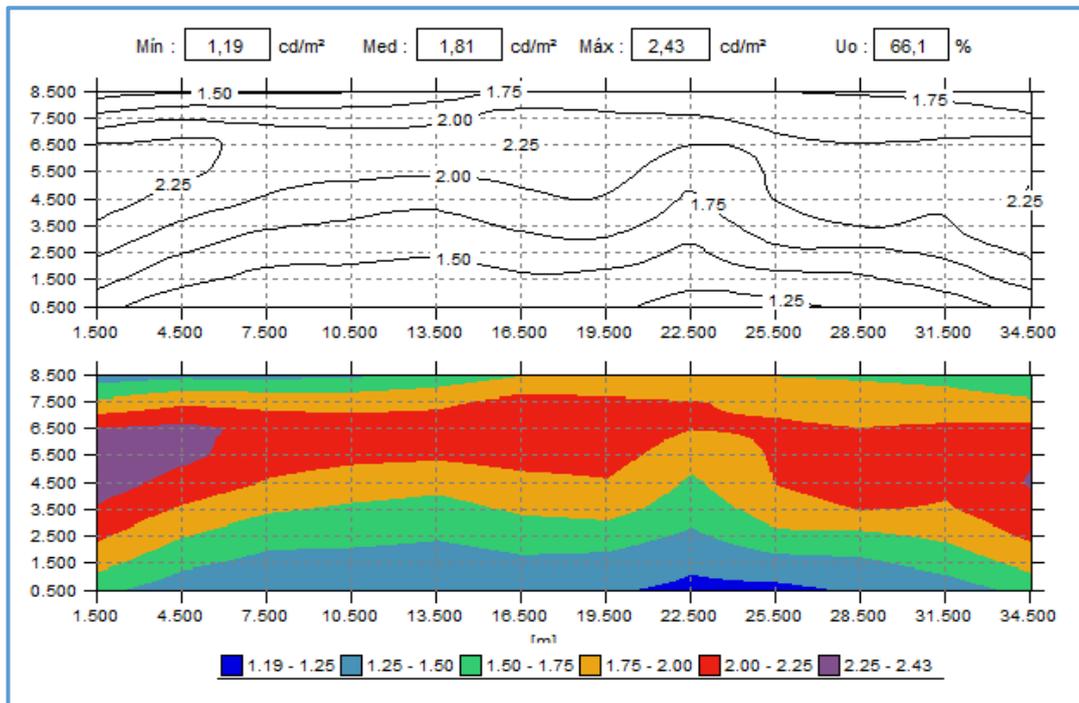
Figura 2. 10.- Diagrama polar cartesiano de una luminaria de sodio 250W



Fuente: Gráfico generado del programa Ulysse V2.3 de SOCELEC, I Genovez

- Curvas del factor de utilización
- Diagrama isolux

Figura 2. 11.- Curvas isolux de una luminaria de sodio 250W



Fuente: Gráfico generado del programa Ulysse V2.3 de SOCELEC, I Genovez



2.3.- Normativa para el alumbrado vial en el Ecuador

Toda norma o recomendación nacional o internacional (Recomendación de la C.I.E. N° 115/95), para la elaboración de los diseños de alumbrado vial, entre otros, debe cumplir con los siguientes propósitos:

1. Permitir a los usuarios de automotores, motocicletas, bicicletas y otros motores vehículos de tracción animal, transitar de manera segura.
2. Permitir a los peatones ver riesgos, orientarles por sí mismos, reconocer a otros peatones, y darles a ellos una sensación de seguridad.
3. Mejorar la apariencia del medio ambiente en la noche.

Algunos países disponen de normas propias para la prestación del servicio de alumbrado público, para el caso del Ecuador, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), en consideración de los artículos 30 y 31 de la Constitución de la República del Ecuador, del segundo inciso del Artículo 3 del Mandato Constituyente No. 15, entre otros, en sesión del 24 de noviembre de 2011, aprobó la Regulación No. CONELEC 008/11 "Prestación del Servicio de Alumbrado Público General", que tiene como objetivo normar las condiciones técnicas, económicas y financieras, que permitan a las distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general, con calidad, eficiencia y precio justo.

La regulación establece a las distribuidoras de energía eléctrica, como prestadoras del servicio; los consumidores, como responsables del pago de este servicio; los municipios como responsables del espacio público y control de tránsito; y, la Policía Nacional o la autoridad de tránsito competente, como responsable del sistema de semaforización, los que deben observar lo dispuesto en la regulación vigente.

C.I.E. N° 115/95: Comisión Internacional de Iluminación "Recomendaciones para la iluminación de las carreteras para el tráfico vehicular y peatonal"



La regulación que norma la prestación del servicio de alumbrado público del país, es una adopción de las recomendaciones establecidas por la CIE “Comisión Internacional de iluminación”, organismo al cual pertenecen la mayoría de países a nivel mundial y cuyas recomendaciones han sido elaboradas de mutuo acuerdo, normativa que sugiere la aplicación del concepto de luminancia [cd/m^2], con el propósito de brindar una calzada brillante, segura y con los niveles adecuados.

2.3.1.- Regulación CONELEC 005/14

En el país se encuentra vigente desde el 18 de septiembre del 2014 la **Regulación No. CONELEC 005/14 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”**, la misma que deroga Regulación No. CONELEC 008/11, aprobada mediante Resolución No. 083/11, en sesión de 24 de noviembre de 2011; y, que norma entre otros, las condiciones técnicas, económicas y financieras que permiten a las Distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad, eficiencia y precio justo. Regulación que difiere poco en relación con la anterior.

En la regulación vigente, en su numeral 3, “Definiciones”, entre otras, establece las siguientes definiciones que servirán para su aplicación:

Alumbrado Público

Constituye la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad y ornamentación. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido.

Alumbrado Público General - APG

Es la iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y/o vehículos. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida.



Alumbrado Público Intervenido

Es la iluminación de vías que, debido a planes o requerimientos específicos de los municipios, no cumplen los niveles de iluminación establecidos en la regulación y/o requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el Alumbrado Público General.

Alumbrado Público Ornamental

Es la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y todo tipo de espacios, que obedecen a criterios estéticos determinados por los municipios o por el órgano estatal competente.

Consumidor del Servicio Eléctrico

Cualquier persona natural o jurídica que recibe el servicio eléctrico y que haya firmado un contrato de suministro con la Distribuidora dentro de su área de concesión o servicio.

2.3.1.1.- Clase de iluminación (M), según las vías

La regulación vigente, en relación con la clasificación del tipo de iluminación (M), calcula de la siguiente manera:

$$M = \left(6 - \sum V_{ps} \right)$$

Donde:

M es la clase de iluminación, va de M1 a M6.

$\sum V_{ps}$ es la sumatoria de los valores de ponderación seleccionados en función de la tabla “Parámetros para selección de la clase de iluminación (M).”

2.3.1.2.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (M)

En la tabla 2.3, denominada “Parámetros para selección de la clase de iluminación (M)”, se detalla las diferentes variables consideradas.



Tabla 2. 3.- Parámetros para selección de la clase de iluminación (*M*)

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vp)	Vp seleccionado
Velocidad	Elevada	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	
	Mezclado	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vías	No	1	
	Si	0	
Densidad de la intersección	Alta	1	
	Moderada	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0,5	
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0,5	
	Moderado o bueno	0	
			$\sum V_{ps}$

Fuente: Regulación CONELEC N° 005/14

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor de la sumatoria.

2.3.1.3.- Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

La regulación en relación con los niveles de luminancia que deben cumplir las diferentes tipos de vías en concordancia con las recomendaciones provenientes de la publicación CIE-115, determinan los siguientes niveles:

Tabla 2. 4.- Niveles de luminancia para tráfico motorizado

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral	Relación de alrededor
	Seco		Mojado			
	$L_{av} \left(\frac{cd}{m^2} \right)$	U_o	U_f	U_o	$Ti(\%)$	SR
M1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

Fuente.- Regulación CONELEC No. 005/14

2.3.1.4.- Parámetros fotométricos para vías peatonales

Para las vías peatonales, la regulación establece parámetros fotométricos en función de la utilización de valores de iluminancia horizontal, al nivel del piso. Los parámetros fotométricos para las seis clases de iluminación peatonal (P1 al P6), se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. 5.- Niveles de iluminancia para tráfico peatonal

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx)	
	Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4

Fuente.- Regulación CONELEC No. 005/14



Así mismo, la Regulación establece un tipo de iluminación especial para las zonas denominadas como de conflicto, las cuales se producen cuando el flujo de vehículos se interponen entre sí o se dirige hacia lugares frecuentados por peatones, ciclistas o usuarios de otros caminos o cuando hay un cambio en la geometría de la vía, tales como una reducción del número de carriles o la reducción del ancho de un carril o una calzada.

Tabla 2. 6.- Parámetros fotométricos para zonas de conflicto

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio E (lux) [1]	Uniformidad de la Iluminancia	Incremento de Umbral (%) [2]	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,4	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

Fuente.- Regulación CONELEC No. 005/14

[1] Sobre toda la superficie utilizada

[2] Aplicado donde las tareas visuales son consideradas de importancia para la iluminación de vías de tráfico motorizado

Para el caso de los niveles de iluminación a considerar en túneles, la regulación establece la aplicación de la Norma CIE 88.

2.3.2.- El Reglamento Técnico RTE INEN 069 “Alumbrado Público”

De conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento General, el Ministerio de Industrias y Productividad, es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, por tal motivo es la entidad competente para aprobar y oficializar con el carácter de obligatorio, el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”; mediante su promulgación en el Registro Oficial.



Con este antecedente, en la ciudad de Quito, se publica en la Edición Especial del Registro Oficial N° 059_ del 17 de octubre de 2013, por parte de la Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad, mediante resolución N° 13-098 el **Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069 “Alumbrado Público”**, el mismo que entra en vigencia desde el 15 de abril de 2014.

El objetivo del Reglamento Técnico Ecuatoriano, a diferencia de la regulación vigente, es “establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación pública, garantizando niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación. Incluyendo criterios de eficiencia energética”.¹²

Su ámbito de aplicación, son: a las instalaciones de alumbrado público, a los materiales y equipos utilizados en ellas y a las personas que intervienen.

¹² Definición extraída del REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”



CAPITULO III

CÁLCULOS DE ILUMINANCIA Y LUMINANCIA

3.1.- Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras

En concordancia con la normativa vigente del país, que se fundamenta en la aplicación de normas internacionales, el método de cálculo aplicado para el diseño de iluminación de carreteras está basado en la norma “CIE 30.2-1982”, versión actualizada, publicación CIE núm. 140-2000, por lo que es indispensable disponer de la matriz de intensidades fotométricas de la luminaria, sea en el formato CIE, IES, u otro; matriz que por situaciones de veracidad debe ser avalada por un laboratorio fotométrico calificado, certificado e independiente del fabricante.

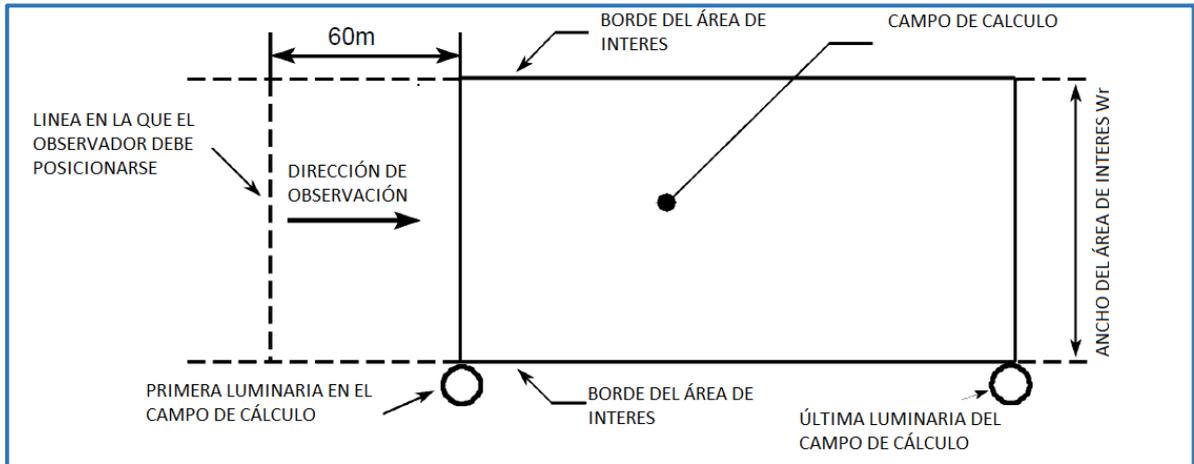
3.2.- Norma CIE 140: 2000

3.2.1.- Campo de cálculo de la luminancia

El campo de cálculo vial es la sección de la carretera, que es de interés del conductor. La normativa establece que es en dirección longitudinal sobre una carretera recta y que el área de cálculo debe considerarse entre 2 luminarias seguidas de la misma fila, la primera luminaria debe estar colocada a 60m delante del observador. En la dirección transversal se debe cubrir el ancho de la calzada de la carretera, de ser el caso sin considerar el parterre central; y, el ancho de la calzada de la carretera con parterre central.

Convencionalmente la altura del observador es de 1,5m.

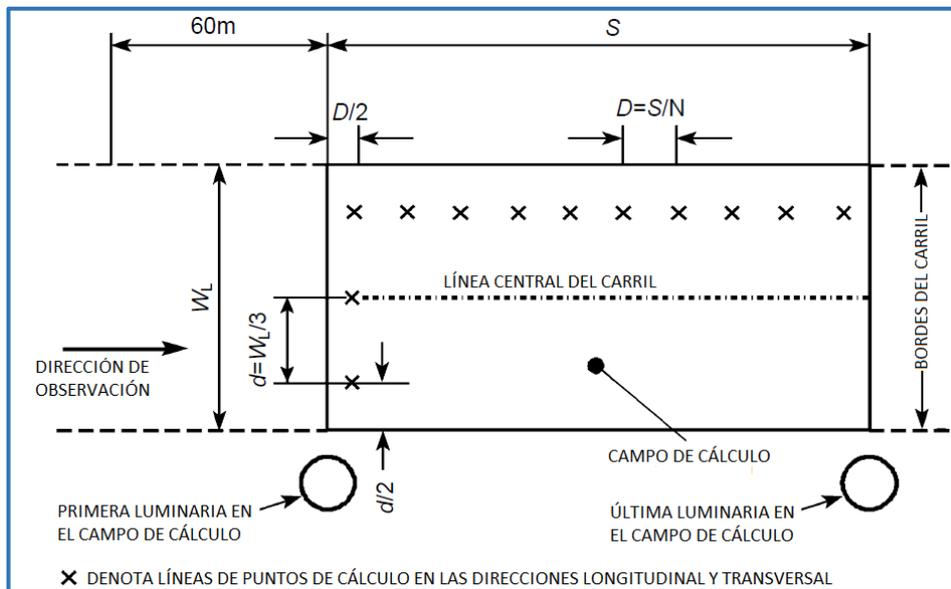
Figura 3. 1.- Campo de cálculo de luminancia de una calzada



3.2.2.- Posición de puntos de cálculo

Los puntos de cálculo deben estar uniformemente espaciados en el campo de cálculo y colocados como se indica en la siguiente figura.

Figura 3. 2.- Posición de los puntos de cálculo de una calzada



3.2.2.1.- Posición de puntos de cálculo en un carril

a) En dirección longitudinal

$$D = \frac{S}{N}$$



Dónde:

D: Es el espacio entre puntos en dirección longitudinal.

S: es el espacio entre luminarias en la misma línea.

N: es el número de puntos de cálculo en dirección longitudinal elegido de tal manera que,

Para **S** ≤ 30m, **N**=10

Para **S** > 30m, es el menor entero dado por **D** ≤ 3m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo está espaciado a una distancia D/2 más allá de la primera luminaria (alejada del observador).

b) En dirección transversal

$$d = \frac{W_L}{3}$$

Dónde:

d: es el espacio entre puntos en dirección transversal (m).

W_L: es el ancho del carril.

Los puntos de cálculo exteriores están espaciados d/2 desde los bordes del carril. Donde hay un arcén y se requiere de información de luminancia, el número y espaciamiento de los puntos de cálculo, es el mismo que para un carril de conducción.

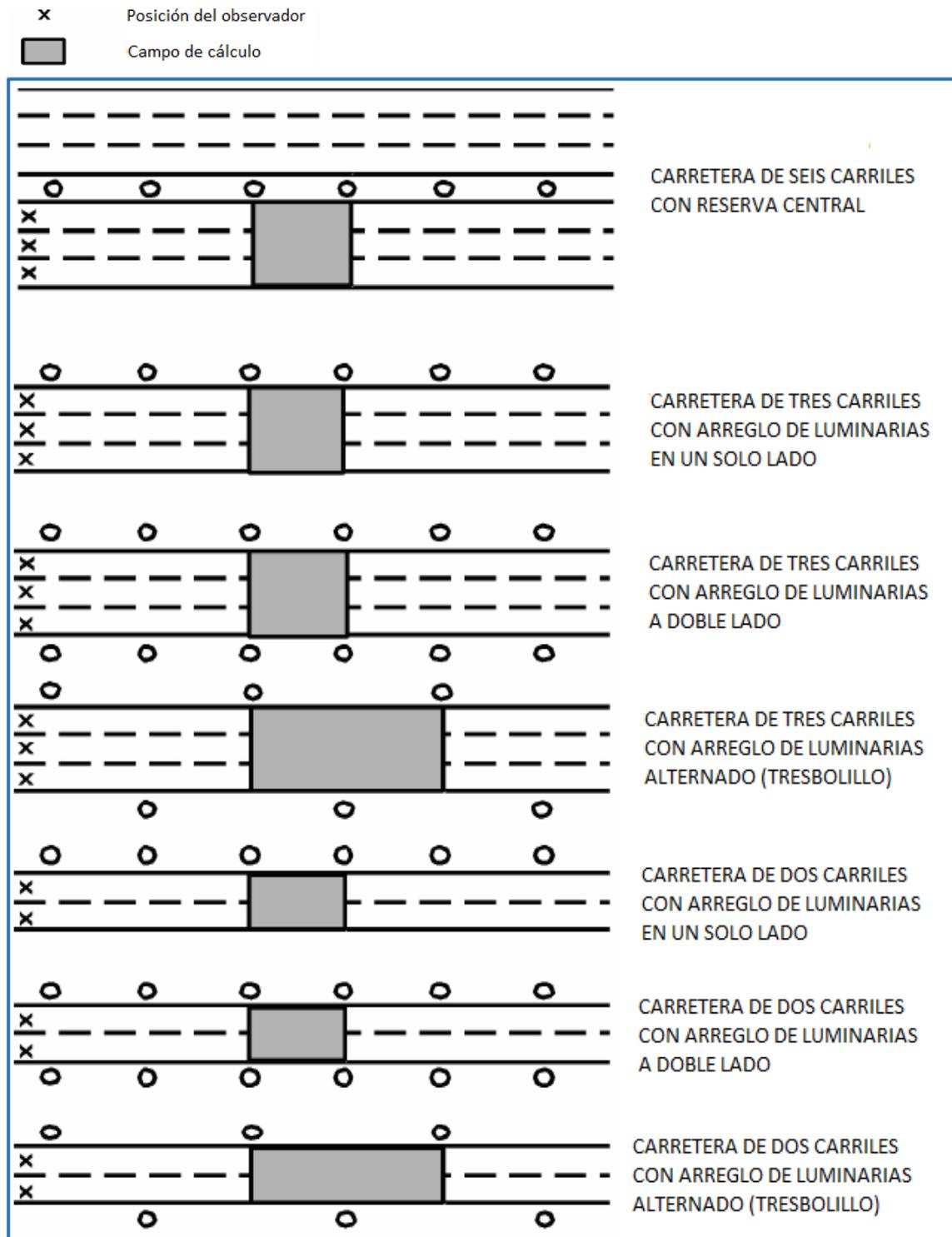
3.2.2.2.- Posición del observador

En la dirección transversal el observador se coloca en el centro de cada carril, a su vez la luminancia media y la uniformidad general de luminancia se calculan para toda la calzada en cada posición del observador, a su vez, la uniformidad longitudinal de luminancia se calcula a cada línea central.

NOTA: Para los cálculos de luminancia en algunos países y los cálculos de iluminación de túneles en general, la dirección de observación se encuentra

paralelamente al tráfico de la carretera. Esto significa que el observador tiene que estar alineado con cada línea longitudinal de puntos de cálculo.

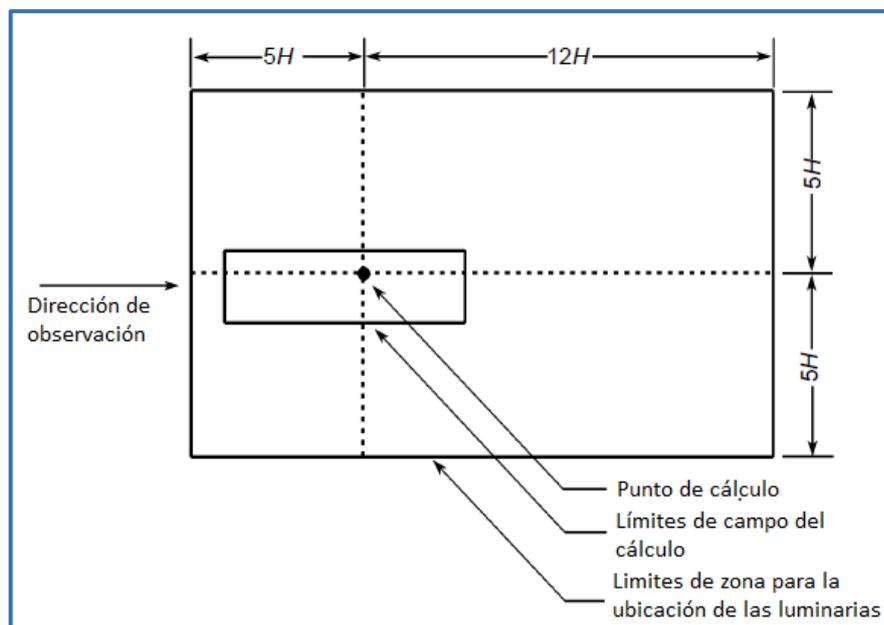
Figura 3. 3.- Posición del observador en varios tipos de carretera



3.2.2.3.- Número de luminarias incluidas en el cálculo

Para cada punto de cálculo, todas las luminarias que hacen una contribución significativa a la luminancia deben incluirse en el cálculo, estas luminarias se encuentran en el área del plano que se aproxima a un rectángulo de dimensiones $5H$ (altura de montaje) por $17H$, y por su simetría puede ser utilizado para cubrir un área de $10H$ por $17H$. Como resultado es necesario tener en cuenta las luminarias que se encuentran dentro de cinco veces la altura de montaje desde el punto de cálculo en dirección del observador, 12 veces la altura de montaje del punto de cálculo de distancia desde el observador, y 5 veces la altura de montaje en cada lado del punto de cálculo.

Figura 3. 4.- Posición de luminarias que pueden contribuir a la luminancia en el punto de cálculo.



3.2.3.- Iluminancia

La norma establece que para el reporte de cálculo, se considere dos formas de iluminancia:



a) **Illuminancia planar** en un plano horizontal, usualmente la superficie de carretera o aceras, referida como iluminancia horizontal. La iluminancia horizontal en un punto se calcula a partir de la siguiente fórmula matemáticamente equivalente.

$$E_h = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{H^2}$$

Donde:

- E_h es la iluminancia horizontal mantenido en el punto en lux.
- Σ indica la suma de las contribuciones de todas las luminarias.
- $I(C, \gamma)$ es la intensidad en cd/klm en la dirección del punto.
- ε es el ángulo de incidencia de la luz en el punto.
- γ es el ángulo fotométrico vertical.
- H es la altura de montaje en m de la luminaria.
- Φ es el flujo luminoso inicial en klm de la lámpara o lámparas en la luminaria.
- MF es el producto del factor de mantenimiento de flujo de la lámpara y el factor de mantenimiento luminaria.

b) **Illuminancia semicilíndrica** 1,5m por encima de la superficie de interés. La iluminancia semicilíndrica varía con la dirección de interés. La iluminancia semicilíndrica en un punto, que se calcula a partir de la siguiente fórmula matemáticamente equivalente.

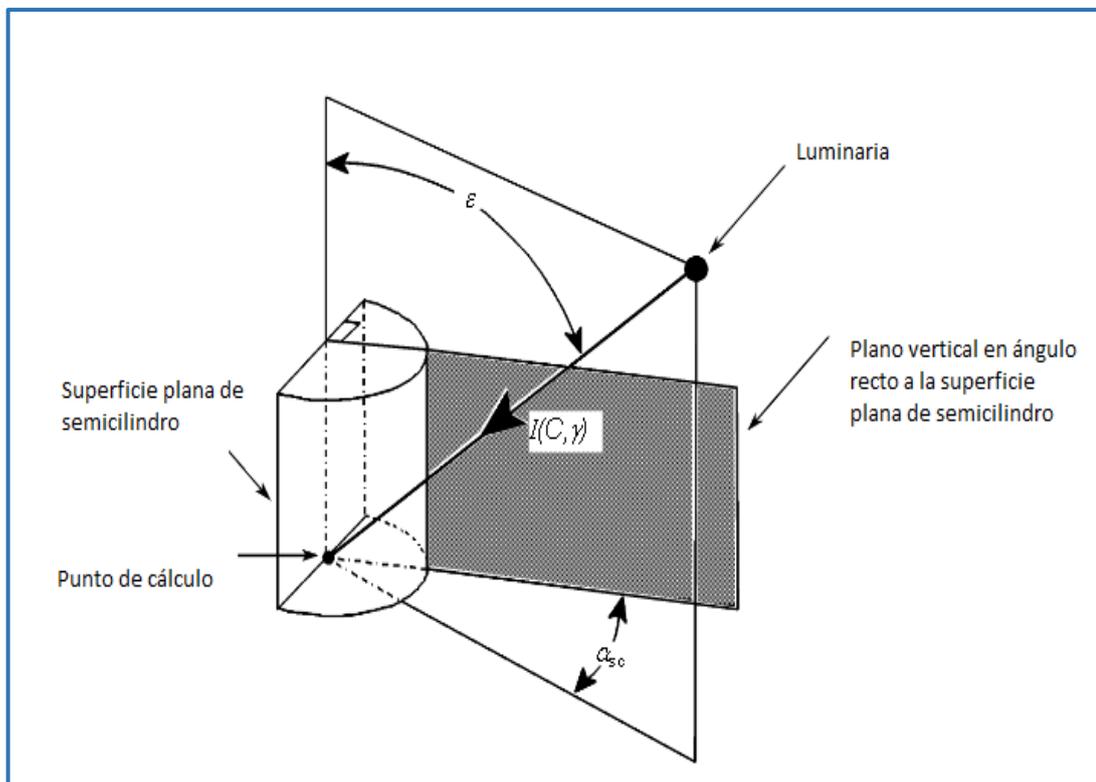
$$E_{sc} = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot (1 + \cos \alpha_{sc}) \cdot \cos^2 \varepsilon \cdot \sin \varepsilon \cdot \Phi \cdot MF}{\pi \cdot (H - 1,5)^2}$$

Donde:

- E_{sc} es la iluminancia semicilíndrica mantenido en el punto en lux.

- Σ indica la suma de las contribuciones de todas las luminarias.
- $I(C, \gamma)$ es la intensidad en cd / klm en la dirección del punto de cálculo.
- α_{sc} es el ángulo entre el plano vertical que contiene el vector de intensidad y el plano vertical en ángulo recto a la superficie plana del semicilindro, como se muestra en la figura. 3.5.
- γ es el ángulo fotométrico vertical.
- ε es el ángulo de incidencia de la luz a la normal al plano horizontal, en el punto
- H es la Altura de montaje.
- t en m de la luminaria.
- Φ es el flujo luminoso inicial en klm de la lámpara o lámparas en la luminaria.
- MF es el producto del factor de mantenimiento del flujo de la lámpara y el factor de mantenimiento de la luminaria.

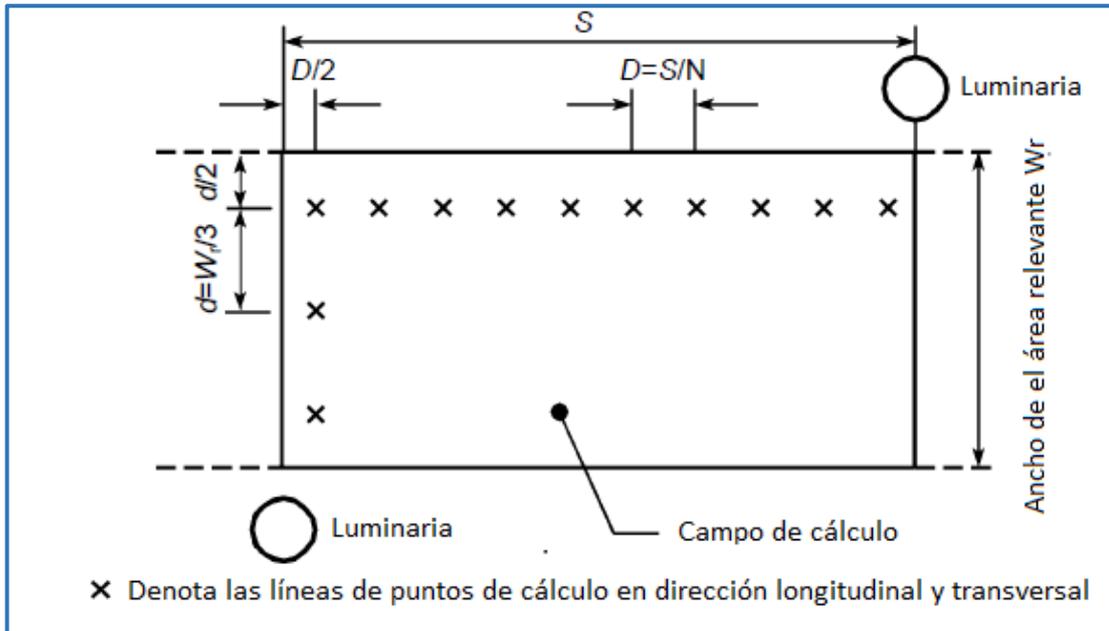
Figura 3. 5.- Ángulos utilizados en el cálculo de la iluminancia semicilíndrica



3.2.4.- Campo de cálculo

El campo de cálculo es el área típica de la carretera, para el interés del conductor y del peatón.

Figura 3. 6.- Campo de cálculo típico de la carretera



3.2.4.1.- Posición de puntos de cálculo

a) En dirección longitudinal

$$D = \frac{S}{N}$$

Dónde:

D: es el espacio entre puntos en dirección longitudinal.

S: es el espacio entre luminarias en la misma línea.

N: es el número de puntos de cálculo en dirección, longitudinal elegido de tal manera que,

Para **S** ≤ 30m, **N**=10

Para **S** > 30m, es el menor entero dado por **D** ≤ 3m.

La primera fila transversal de puntos de cálculo está espaciado a una distancia D/2 más allá de la primera luminaria.



b) En dirección transversal

$$d = \frac{W_L}{3}$$

Dónde:

d: es el espacio entre puntos en dirección transversal (m).

WL: es el ancho del carril.

El espaciamiento de los puntos de los bordes de la zona relevante es $D/2$ en la dirección longitudinal, y $d/2$ en la dirección transversal, ver figura 3.6.

3.2.4.2.- Número de luminarias incluidas en el cálculo

Las luminarias que se encuentran dentro de cinco veces la altura de montaje desde el punto de cálculo, deben incluirse en el cálculo.

3.2.5.- Aceras y ciclo vías

a) En dirección longitudinal

Si las aceras o ciclo vías son de la misma clase de iluminación que las calzadas, se consideran en conjunto con la calzada para determinar la separación de los puntos de cálculo en la dirección longitudinal. De otra manera se aplica la misma metodología de la designación de los puntos para las calzadas.

b) En dirección transversal

$$d_f = \frac{W_f}{n}$$

Dónde:

d_f: es el espacio entre puntos en dirección transversal (m).

W_f: es el ancho de la acera o la ciclo vía en metros.

n: es el número de puntos en dirección transversal con los siguientes valores.



Para $Wf \leq 1,0m$; $n=1$

Para $Wf > 1,0m$; n es el menor entero dado para que $df \leq 1m$.

Los puntos adyacentes al borde de la calzada tienen una separación desde el borde de la calzada a la mitad de la separación entre los puntos.

3.2.6.- Áreas de forma Irregular

Estos pueden incluir zonas de conflicto¹³, las calles residenciales y áreas donde predomina la actividad peatonal. Los puntos de cálculo cubren el área en cuestión y deben estar en una cuadrícula con un espacio entre puntos no superior a 5m. La distancia aproximadamente de 1m., se considera para las zonas de especial interés o importancia, la orientación o las orientaciones para la iluminancia semicilíndrica, se encuentran en las direcciones principales del movimiento peatonal.

3.2.6.1.- Número de luminarias incluidas en el cálculo

Es el mismo número utilizado para los cálculos de calzada.

3.2.7.- Cálculo de las características de calidad

Las características de calidad relativos a la luminancia, se obtienen de las rejillas calculadas de luminancia sin más interpolación.

- Para la iluminancia media inicial o luminancia media inicial, MF es 1,0 y toma los valores del flujo luminoso de la lámpara o lámparas en las luminarias.

¹³ Regulación N° CONELEC 005/14, Artículo 3.20.- Zonas de Conflicto: Lugares en los cuales los criterios de iluminación son de difícil aplicación tales como: cruce de vías, redondeles, o vías diseñada especialmente para aplicaciones particulares como ciclorutas, paseos de parque, entre otros.



- Para la luminancia media o iluminancia media después de un período determinado, el MF de la luminaria en condiciones ambientales de instalación, se escogen los valores del flujo luminoso en kilolumens de la fuente o fuentes de luz de la luminaria después del período establecido.

3.2.7.1.- Luminancia Promedio [L_{av}]

La luminancia media se calcula como la media aritmética de las luminancias obtenidas en los puntos de cálculo.

3.2.7.2.-La Uniformidad Global [U_0]

La uniformidad global se calcula como la relación de la más baja (mínima) a la luminancia media.

3.2.7.3.- Uniformidad Longitudinal [U_l]

La uniformidad longitudinal se calcula como la relación de la más baja a la más alta luminancia en la dirección longitudinal a lo largo de la línea central de cada carril, incluyendo el arcén en el caso de las autopistas. El número de puntos en la dirección longitudinal (N) y el espaciado entre ellos es el mismo que los utilizados para el cálculo de luminancia promedio.

La posición del observador está en línea con la fila de puntos de cálculo

3.2.7.4.- Incremento de Umbral [T_i]

El incremento de umbral (T_i) se calcula para la instalación en su estado inicial, cuando se tiene su valor más alto, utilizando la siguiente fórmula:

$$TI = \frac{k \cdot E_e}{L_{av}^{0,80} \cdot \theta^2} (\%)$$



Donde:

K , es una constante que varía en función de la edad del observador. Convencionalmente se toma un valor de 650, que es aplicable para un observador de 23 años. Su valor para otras edades puede ser derivado de la fórmula:

$$k = 641 \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{66,4} \right)^4 \right]$$

A , es la edad del observador en años.

E_e , es la iluminancia total (en lux por 1000 lúmenes iniciales de la lámpara), producido por una luminaria nueva en un plano perpendicular a la línea de visión y en la altura del ojo del observador.

El ojo del observador se coloca transversalmente a una altura de 1,5 m sobre el nivel de la carretera, $W_r / 4$ desde el borde de calzada y longitudinalmente a una distancia en metros de $2,75 (H - 1,5)$, donde H es la altura de montaje (en m), frente al campo de cálculo. La línea de visión es de 1° por debajo de la horizontal y en un plano vertical en la dirección longitudinal que pasa por el ojo del observador.

L_{av} , es la luminancia inicial promedio de la superficie de la carretera.

Θ , es el ángulo en grados de arco entre la línea de visión y el centro de cada luminaria. Esta ecuación es válida para valores:

$$0,05 < L_{av} < 5 \text{ cd m}^2, \text{ y } 1,5^\circ < \Theta < 60^\circ \text{ (CIE 31, año 1976)}$$

E_e , se suman para la primera luminaria en la dirección de observación y para las luminarias más distantes, hasta una distancia de 500 m.



El cálculo comienza con el observador en la posición inicial, que se indicó anteriormente y se repite cuando el observador se mueve hacia delante en incrementos que son iguales en número y distancia a los utilizados en la separación longitudinal de los puntos de luminancia. El valor máximo de $[Ti]$ encontrado es el valor operativo.

3.2.7.5.- La Relación Entorno [SR]

La relación de entorno o de alrededores, es la iluminancia horizontal media en dos franjas longitudinales adyacentes a cada uno de los dos bordes de la calzada y al costado situadas fuera de la calzada, dividido por el promedio de iluminancia horizontal en dos franjas longitudinales adyacentes a cada uno de los dos bordes de la calzada, pero situadas sobre la calzada. El ancho de las cuatro tiras o franjas será igual a 5 m, o la mitad de la anchura de la calzada, o la anchura de la franja sin obstrucciones al costado fuera de la calzada, cualquiera que sea la menor de ellas. Para autovías, ambas calzadas juntas son tratadas como un solo carril a menos que estén separados por más de 10 metros.

La iluminancia media en las franjas sobre y adyacente a la calzada se calcula con el mismo procedimiento o un procedimiento matemáticamente equivalente, tal como se utiliza para determinar la iluminancia media de la acera.

3.2.7.6.- Iluminancia media de la calzada (E_{av})

La iluminancia media se calcula como la media aritmética de las iluminancias obtenidas de los puntos de cálculo.

3.2.7.7.- Iluminancia mínima en la calzada

La iluminancia mínima se toma como el valor más bajo (en luxes) de las iluminancias en el campo de cálculo.



Para áreas de conflicto, peatonales y otras áreas de forma irregular el procedimiento es similar al de la sección áreas irregulares.

3.2.7.8.- Iluminancia media de la acera

La iluminancia media, se calcula como la media aritmética de las iluminancias obtenidas en los puntos de cálculo.

3.2.7.9.- Iluminancia mínima en la acera

La iluminancia mínima, se toma como el valor más bajo (en luxes) de las iluminancias en el campo de cálculo.

3.2.7.10.- Uniformidad de iluminancia

La uniformidad de la iluminación horizontal y semicilíndrica, se calcula como la relación entre la iluminancia mínima para la iluminación media.

3.2.7.11.- Datos auxiliares

Cuando los datos del rendimiento fotométrico se preparan para una instalación, se considera los siguientes datos auxiliares:

- a) La identificación de las luminarias, incluyendo el establecimiento de los componentes ópticos y lámpara, y número de la marca, en su caso.
- b) La identificación de la tabla I.
- c) La identificación de la tabla r.
- d) La inclinación durante la medición de las luminarias.
- e) La inclinación en la aplicación de las luminarias.
- f) La rotación de las luminarias.
- g) La orientación de las luminarias.
- h) La identificación de las fuentes de luz.
- i) Flujo luminoso de las fuentes de luz en que se basan los cálculos.



- j) Los factores de mantenimiento aplicados.
- k) La definición del área de cálculo.
- l) Posición de las luminarias en el espacio o una descripción numérica.
- m) Altura de las luminarias de montaje.
- n) Observador que se mueve para los cálculos de luminancia.
- o) La edad del observador para el cálculo del incremento de umbral.
- p) Cualquier desviación de los procedimientos indicados en el presente informe.

El Ítem c), no es necesario si los cálculos son únicamente de la iluminancia.



CAPITULO IV

DEFINICIÓN DE VÍAS TIPO, ANÁLISIS Y MEDICIONES

4.1.- Introducción

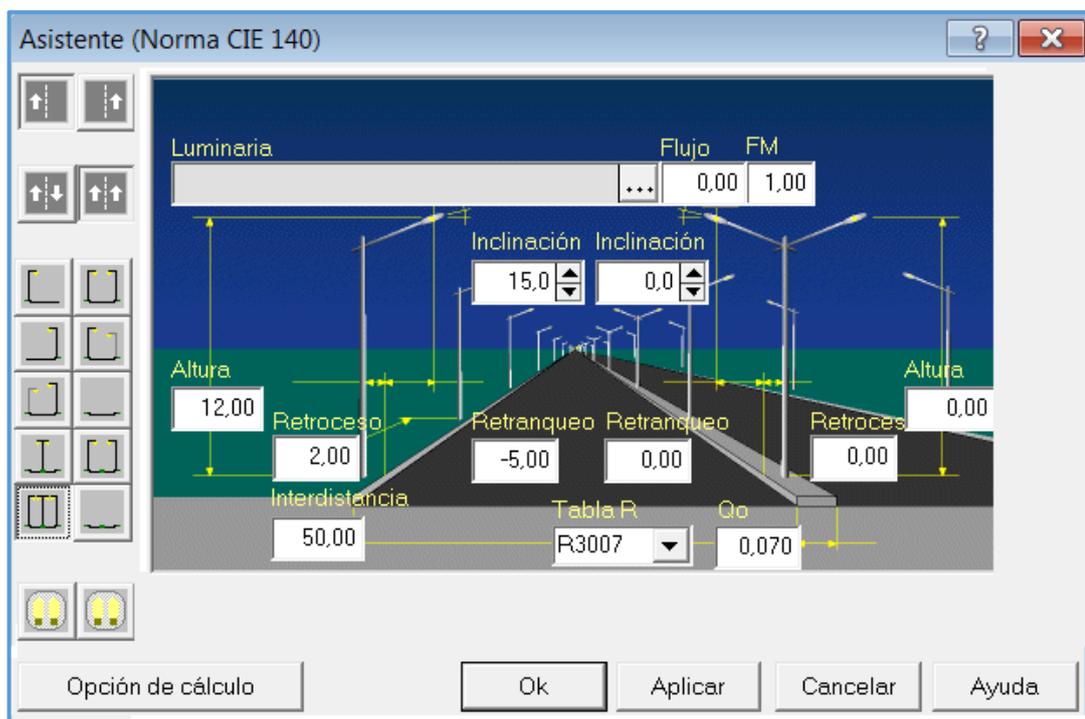
En concordancia con la regulación vigente en el país y de la aplicación de la norma “CIE 115 – 1995”, el método de cálculo aplicado para el diseño de iluminación de carreteras viene dado por la norma “CIE 30.2-1982”, versión actualizada, publicación CIE núm. 140-2000, por lo que es indispensable disponer de la matriz de intensidades de los equipos o luminarias que se van utilizar, ya sea en el formato CIE, IES, u otro internacionalmente aceptado (caso de los formatos tipo Mat. de Schreder), matriz que por situaciones de normativa y de seguridad del diseñador, debe estar certificada por un laboratorio fotométrico calificado e independiente del fabricante.

Entre los principales parámetros considerados para el diseño del alumbrado vial, están:

- Tipo de vía
- Altura mínima de montaje
- Tipo de pavimento
- Distancia del centro óptico a la vía
- Ancho de la calzada
- Número de carriles
- Disposición de las luminarias
- Flujo luminoso de la fuente de luz
- Brazo, Forma y diseño, ángulo de inclinación
- Ancho de la vereda
- Factor de mantenimiento

Estas variables permiten diseñar y calcular la iluminación de la vía, a través de la utilización de software de aplicación específica, tales como: Ulysse V2.3, Dialux V4.12, LITSTAR 4D, AGi32 Ligth, Calculux, Relux Ligth y otros, los cuales proyectan resultados de niveles de luminancia e iluminancia de la vía. En los Anexo N° 1 y Anexo N° 2, se adjunta un ejemplo del cálculo del diseño lumínico mediante la utilización del programa de SOCELEC denominado Ulysse V2.3 [ver figura 4.1]; y, del software libre denominado Dialux versión 4.12, respectivamente.

Figura 4. 1.- Programa Ulysse V2.3



4.2.- Tipo de vías

4.2. 1.- Aspectos Generales

Para determinar el tipo de vías existentes en el país, las empresas de distribución deben realizar un levantamiento de datos en consideración con la regulación vigente CONELEC 005/14 y de las publicaciones CIE 115-1995, con el propósito de determinar las principales características geométricas de las



vías, con lo cual se podría clasificar las mismas en vías que van desde el tipo M1 hasta M5, dependiendo de la funcionalidad de la calzada, de la densidad y complejidad del tráfico, así como también de la existencia o no de facilidades del control del tráfico, donde:

- Complejidad de la vía: se refiere a su infraestructura, movimiento de tráfico, alrededores visuales y consideraciones de factores, tales como: el número de carriles, inclinación, letreros, señales de entrada y salida, rampas, intersecciones y otros.
- Control de tráfico: a la presencia de letreros y señales, a la existencia de regulaciones y la aplicación de métodos de control, tales como: semáforos, reglas de prioridad, demarcación de la vía, avisos y otros.

4.2. 2.- Tipo de reflexión

En los diseños y cálculos de luminancia (cd/m^2) de las vías, se considera la reflexión de la calzada, en función de su factor especular [S1] y del coeficiente de reflectancia [Qo], los mismos que dependen de los revestimientos, tipo de pavimento o material de la calzada y de su estado, liso o seco; clasificando las mismas en cuatro tipos de calzadas denominados “Calzadas tipo R”, de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la norma CIE 66-1984 “Pavimentos de carreteras y alumbrado”.

Tabla 4. 1.-Tipos de calzadas para el Ecuador

Calzadas Normalizadas tipo [R]	Límites de S1	Valores estándares	
		S1	Qo
R1	$S1 < 0.42$	0.25	0.10
R2	$0.42 \leq S1 < 0.85$	0.58	0.07
R3	$0.42 \leq S1 < 1.35$	1.11	0.07
R4	$1.35 \leq S1$	1.55	0.08

Fuente.- CIE 66-1984 “Pavimentos de carreteras y alumbrado”

C.I.E. N° 66-1984: Comisión Internacional de Iluminación "Recomendaciones para Pavimentos de carreteras y alumbrado"



4.2. 3.- Clasificación de las vías

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y con el propósito de estandarizar los cálculos, diseños lumínicos y de determinar las bondades fotométricas de los equipos de iluminación utilizados (luminarias de vapor de sodio y luminarias tipo led), en la tabla 4.2, se presenta una propuesta de clasificación de las vías y características geométricas para las cuales estos equipos cumplen la normativa ecuatoriana vigente.

Tabla 4. 2.- Características geométricas en tipo de vías

PARÁMETROS	Unidad	TIPOS DE VÍAS					
		M1	M1	M2	M3	M4	M5
Lmed	Lm.	2	2	1,5	1	0,75	0,5
U0	%	40	40	40	40	40	35
UI	%	70	70	70	60	60	40
TI	%	10	10	10	15	15	15

Fuente: Regulación CONELEC 005/14.

POTENCIA LUMINARIA	W.	400	400	250	150	100	70
FLUJO	Lux.	56.500	56.500	33.200	17.500	10.700	6.600
ALTURA LIBRE MONTAJE	m.	12	12	10	9	8	7
RETROCESO	m.	1	1	1	1	1	1
RETRANQUEO	m.	-0,5	-0,5	0	0	0	0
ANGULO INCLINACIÓN	Grados	10	10	5	5	5	5
Nº CARRILES	u.	5	3	2	2	2	2
ANCHO CARRIL	m.	4	4	5	4,5	3,5	2,5
PARTERRE CENTRAL	m.	--	2	--	--	--	--
DISPOSICIÓN	-	TRES BOLILLO	CENTRAL DOBLE	UNILATERAL	UNILATERAL	UNILATERAL	UNILATERAL
INTERDISTANCIA	m.	27,5	50	40	37	35	35
TIPO CALZADA (ÍNDICE Q0)	p.u.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
FACTOR DE MANTENIMIENTO	p.u.	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93

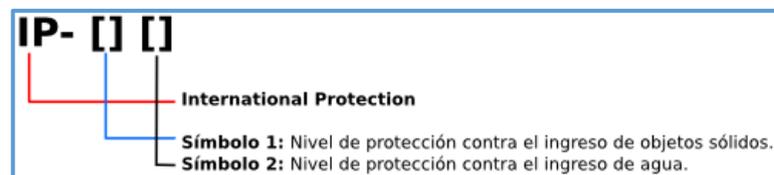
Fuente: Propuesta del investigador

4.2. 4.- Factor de mantenimiento [Fm]

El valor que se utiliza en los diseños como factor de mantenimiento, depende entre otros de las características mecánicas del equipo, de su índice de hermeticidad o grado de protección IP (IP=65 de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Electricidad, para luminarias de vapor de sodio (ver Anexo N° 3), de la contaminación del medio ambiente donde se instalaran los equipos y del ciclo de limpieza. Factor que de acuerdo con la propuesta establecida en la tabla anterior “Fm= 0.93”, que corresponde a una contaminación alta y a un ciclo de limpieza de 12 meses.

El Grado de protección IP hace referencia al estándar internacional IEC 60529, el mismo que establece para el primer dígito, la certificación contra el ingreso de objetos sólidos y para el segundo, el nivel de protección contra el ingreso de agua; es así que IP=65, significa: protección contra el ingreso de polvo y chorro de agua en todas las direcciones.

Tabla 4. 3.- Código de protección IP



Nivel	Primer Dígito	Segundo Dígito
0	—	Sin protección.
1	<50 mm	Goteo de agua
2	<12.5 mm	Goteo de agua
3	<2.5 mm	Agua nebulizada. (spray)
4	<1 mm	Chorros de agua
5	Protección contra polvo	Chorros de agua.
6	Protección fuerte contra polvo	Chorros muy potentes de agua.
7		Inmersión completa en agua.
8		Inmersión completa y continua en agua.

Fuente: Norma IEC 60529; Comisión Electrotécnica Internacional

IEC 60529: Comisión Electrotécnica Internacional; Grados de protección proporcionados por las envolventes Código IP.



4.2.5.- Muestras de equipos

Como práctica general de las empresas de distribución del país, en los procesos de adquisición de luminarias, los oferentes están obligados a presentar entre otros requerimientos: las especificaciones técnicas garantizadas y las pruebas de los equipos ofertados, mismas que serán de laboratorios independientes y acreditados. Toda la documentación estará debidamente certificada y apostillada en el país de origen y avalados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).

Normalmente las empresas de distribución solicitan que se entreguen al menos dos muestras por producto ofertado, con la finalidad que la empresa distribuidora contratante pueda en el mejor de los casos realizar las pruebas de verificación de las características técnicas en laboratorios especializados existentes en Sudamérica, principalmente en Chile, Argentina y Brasil, caso contrario realizar las mediciones eléctricas y fotométricas con sus equipos (calidad de energía; luxómetro; luminancímetro), además las muestras solicitadas sirven de testigos para las comparaciones entre los equipos ofertados y los entregados.

Con este antecedente, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador "MEER", ha definido y normado un conjunto de especificaciones técnicas que deben cumplir las luminarias de alumbrado público de vapor de sodio en las potencias de 70W, 100W, 150W, 250W y 400W, previa su instalación (ver Anexo N° 3). Si bien estas especificaciones son válidas para luminarias de vapor de sodio, varios de los conceptos y especificaciones normalizados por el MEER, son válidos o aplicables a otras tecnologías como la led, en aspectos tales como:

- Características eléctricas.- Factor de potencia, consumo de energía, niveles de ruido eléctrico, nivel de aislamiento.
- Características físicas.- Hermeticidad, de impacto, humedad, materiales utilizados, resistencia a la intemperie.

- Fotométricas.- Matriz de intensidades, diagrama polar, curvas Isolux, coeficiente de utilización.
- Certificaciones de cumplimiento de normas de fabricación, ensayos mínimos, entre otras.

4.2.6.- Flujo de las fuentes de luz

El flujo luminoso de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, mayoritariamente instaladas en los sistemas de alumbrado público del país, van desde valores de 6.600 lúmenes, correspondiente a potencias de 70W, a los 56.500 lúmenes para 400W, lo cual hace notar que la eficacia luminosa (lm/W), oscila entre valores de 90 a 133 lm/W; es decir, las mayores eficacias de las fuentes de vapor de sodio, se obtiene a mayores potencias. En la siguiente figura, se pueden visualizar los valores establecidos para lámparas de vapor de sodio ofertadas en el mercado nacional.

Figura 4. 2.- Flujo luminoso de fuentes de vapor de Sodio



Fuente: Envolturas de las lámparas de marca Osram



4.3.- Análisis y Mediciones

Con la información de base antes referida, el análisis técnico fotométrico de las luminarias se fundamenta en los siguientes aspectos:

4.3.1.- Simulaciones

Las simulaciones fotométricas de Iluminancia y luminancia para las vías tipo especificadas en la tabla 4.1, utilizando las matrices fotométricas normalizadas y proporcionadas por los oferentes de las diferentes marcas y potencias que se han instalado en el país, nos permiten analizar los cálculos lumínicos que normalmente se efectúan a través de la aplicación de la norma CIE 140-2000, mediante la utilización de software especializado, considerando entre otros los siguientes aspectos:

- 1) Análisis de las luminarias de vapor de sodio (varios fabricantes), que según el catastro del CONELEC actualizado a diciembre de 2013 representan el 88% del total de luminarias instaladas en el país.
- 2) Cálculos fotométricos, en base a las matrices de las luminarias entregadas por los proveedores de los equipos.
- 3) Simulaciones realizadas bajo las mismas condiciones, para las vías tipo M1, M2, M3, M4, y M5, definidas en la Regulación CONELEC 005/2014 “Prestación del Servicio de Alumbrado Público General”, actualmente vigente y bajo las condiciones geométricas de las vías propuestas por el investigador establecidas en la tabla 4.2.
- 4) Simulaciones mediante la aplicación del software Ulysse V2.3 y DIALUX 4.12, los cuales son utilizados mayoritariamente en la elaboración de los diseños lumínicos.
- 5) Utilización de matrices en el formato universalmente aceptado “IES”¹⁵

¹⁵ IES : Es la abreviatura de Illuminating Engineering Society, Sociedad de Ingeniería de Iluminación



4.3.1.1- Análisis de los resultados.

4.3.1.1.1- Luminarias de vapor de Sodio

Los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones con las luminarias de vapor de sodio para las diferentes clases de vías propuestas, se adjuntan en las siguientes tablas.

Tabla 4. 4.-Resumen de resultados para vías tipo **M5**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M5 - [S O D I O]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	BRASIL ELECTRO CONTROL	CELSA	MINI "ROYALPHA	ONIX "SCHREDER	AMBAR "SCHREDER	INTI
Potencia de la Luminaria (W)		70	70	70	70	70	70
Flujo (lm)		6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600
Luminancia Promedio (cd/m²)	>=0.50	0,71	0,57	0,68	0,74	0,71	0,56
Uniformidad General (Uo%)	>= 35	42	49,6	37,4	56,7	44,3	37,1
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 40	35	42,3	45,5	45,7	58,9	39,2
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	17	10,1	11,6	10,6	11,9	12,8

Nota: No cumple con la regulación vigente

Como conclusión de las simulaciones efectuadas, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 0,50 cd/m², cumple con todas las marcas de luminarias escogidas de vapor de sodio del mercado nacional, al igual que los parámetros de Uniformidad General (Uo%), Nivel de Deslumbramiento (Ti %), excepto el oferente Electrocontrol; y la Uniformidad Longitudinal (UI %). Aparentemente los valores establecidos en la regulación vigente para este tipo de vías, son bajos, como recomendación se debería reconsiderar los niveles



establecidos en la normativa, en función de la realidad de nuestro país relacionado con la seguridad y el confort.

Tabla 4. 5.- Resumen de resultados para vías tipo **M4**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M4 - [S O D I O]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	BRASIL ELECTRO CONTROL	CELSA	AMAZONAS "ROYALPHA"	LYNCIS COBRA "MARRIOT"	AMBAR "SCHREDER"	GPL
Potencia de la Luminaria (W)		100	100	100	100	100	100
Flujo (lm)		10.700	10.700	10.700	10.700	10.700	10.700
Luminancia Promedio (cd/m²)	>=0.75	0,95	0,93	0,98	0,85	0,90	0,72
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	41,5	32	32,6	53,5	41,7	40.0
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 60	62,9	69,5	47,1	48,85	65,6	50,9
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	15,1	13,1	11,7	6,2	11,9	12,1

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

De las simulaciones efectuadas con las matrices fotométricas de las luminarias de vapor de sodio de 100W, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 0,75 cd/m², cumple casi con todas las marcas de luminarias escogidas de vapor de sodio del mercado nacional (excepto el oferente GPL 100W), al igual los parámetros de Uniformidad General (Uo%) y Nivel de Deslumbramiento (Ti %). Entre tanto la Uniformidad Longitudinal (UI %), solo se cumple con la mitad de las luminarias simuladas, de tal manera que se debe de tener presente la calidad de los equipos, con el objetivo de cumplir con la normativa vigente.



Tabla 4. 6.- Resumen de resultados para vías tipo **M3**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE – M3 - [SODIO]						
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/014	INTI "GPL"	ACRETI	LYNCIS MARRIOT	AMBAR "SCHREDER"	ONIX "SCHREDER"
Potencia de la Luminaria (W)		150	150	150	150	150
Flujo (lm)		17.500	17.500	17.500	17.500	17.500
Luminancia Promedio (Cd/m²)	>= 1.0	1,02	1,24	1,24	1,08	1.07
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	30,8	42,1	40.1	41,7	40.0
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 60	64,2	68,1	54,0	64,1	63.0
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	6,6	11,2	5,1	7,0	8.4

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

De acuerdo con las simulaciones efectuadas, se puede decir que la luminancia promedio en la calzada de 1,0 cd/m², cumple con todas las marcas de luminarias escogidas de vapor de sodio de 150W del mercado nacional. Al igual que los parámetros de Nivel de deslumbramiento (Ti %), Uniformidad General (Uo%), excepto en este caso del oferente "INTI GPL".

En relación con la Uniformidad Longitudinal (UI %), se cumple con la mayoría de las luminarias simuladas, así también con excepción del oferente LYNCIS MARRIOT. En conclusión, para este tipo de vía, la potencia asignada es 150W y como en los casos anteriores se debe tener presente la calidad de los equipos ofertados, con el propósito de cumplir la normativa y optimizar los recursos invertidos.



Tabla 4. 7.- Resumen de resultados para vías tipo **M2**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE – M2 - [SODIO]					
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	INTI "GPL"	LYNCIS MARRIOT	AMBAR "SCHREDER"	GPL
Potencia de la Luminaria (W)		250	250	250	250
Flujo (lm)		33.200	33.200	33.200	33.200
Luminancia Promedio (cd/m²)	>=1,50	1,42	1,67	1,69	1,78
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	27,1	42,2	48,0	46,2
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 70	43,75	56,5	76,9	70,2
Deslumbramiento (Ti %)	<= 10	4,2	4,8	9,1	9,4

Nota: No cumple con la regulación vigente

De las simulaciones efectuadas con las luminarias de sodio de 250W para las vías tipo M2, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 1,50 cd/m², cumple la mayoría de las marcas de luminarias escogidas de vapor de sodio del mercado nacional, al igual que los parámetros de Uniformidad General (Uo%), con excepción en ambos casos del oferente (GPL, modelo INTI). El valor del Deslumbramiento (Ti %), se cumple para todas las luminarias simuladas; entre tanto la Uniformidad Longitudinal (UI %), solo cumple la mitad de las luminarias.

En conclusión, como en los casos anteriores, es necesario considerar la calidad de los equipos ofertados.



Tabla 4. 8.- Resumen de resultados para vías tipo **M1- Tres Bolillo**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE – M1 - TRES BOLILLO [SODIO]					
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	INTI "GPL"	LYNCIS MARRIOT	AMBAR "SCHREDER"	ONIX "SCHREDER"
Potencia de la Luminaria (W)		400	400	400	400
Flujo (lm)		56.500	56.500	56.500	56.500
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>= 2,0	2,79	2,76	2,81	2,22
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	47,7	45,8	41,1	40,4
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 70	70,9	43,3	70,2	71,1
Deslumbramiento (Ti %)	<= 10	10,1	4,8	9,7	9,1

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

Como resultado de las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M1 en configuración Tres Bolillo, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 2,0 cd/m², cumple para todas las marcas escogidas de luminarias de vapor de sodio de 400W del mercado nacional, al igual que los parámetros de Uniformidad General (Uo%) y Nivel de Deslumbramiento (Ti %).

En relación con la Uniformidad Longitudinal (UI %), cumple la mayoría de las luminarias simuladas, excepto un oferente (LYNCIS MARRIOT), por lo que hay que tener presente la calidad de los equipos, con el propósito de dar cumplimiento a la normativa vigente.



Tabla 4. 9.- Resumen de resultados para vías tipo **M1- Central doble**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE – M1 - CENTRAL DOBLE [SODIO]					
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	INTI "GPL"	LYNCIS MARRIOT	AMBAR "SCHREDER"	ONIX "SCHREDER"
Potencia de la Luminaria (W)		400	400	400	400
Flujo (lm)		56.500	56.500	56.500	56.500
Luminancia Promedio (cd/m²)	>=2,0	2,68	3,57	2,47	2,75
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	34,1	20,7	40,9	42,7
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 70	70,9	43.1	70.0	71,7
Deslumbramiento (Ti %)	< = 10	8,3	4,3	7.5	10,1

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

De las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M1 en configuración Central Doble, podemos concluir que la luminancia promedio de 2,0 cd/m², se cumple para todas las marcas escogidas de luminarias de vapor de sodio de 400W del mercado nacional, al igual que el Nivel de Deslumbramiento (Ti %).

Los parámetros de Uniformidad General (Uo%), se cumple para la mitad de las simulaciones, entre tanto lo relacionado con la Uniformidad Longitudinal (UI %), se cumple para la mayoría de las luminarias simuladas, excepto para un oferente (LYNCIS MARRIOT). De igual forma, como en los casos anteriores, resulta importante la calidad de los equipos, con el propósito de cumplir la normativa vigente y optimizar los recursos de inversión.



4.3.1.1.2- Luminarias Led

Las simulaciones para el caso de las luminarias tipo led, se realizan en función de las escasas matrices fotométricas disponibles por los oferentes del mercado nacional; de la aplicación de las principales características geométricas de las vías propuestas por el investigador; y, del cumplimiento de los parámetros definidos para las vías tipo en la regulación vigente “CONELEC 005/2014”.

Tabla 4. 10.- Resumen de las matrices de luminarias led utilizadas.

MATRIZ	FORMATO	POTENCIA	FLUJO	EFICACIA lm/W	MARCA
MS50W TRD3640	IES	50	3.640	72,8	MAALSTROM
MS70W 6515	IES	70	4.616	65,9	MAALSTROM
MS70W TRD4245	IES	70	4.616	65,9	MAALSTROM
MS 84W TRE8430	IES	84	5.540	66,0	MAALSTROM
MS 100W 6545	IES	100	6.912	69,1	MAALSTROM
MS120W GED8442	IES	120	8.840	73,7	MAALSTROM
MS130W TRE8444	IES	130	9.620	74,0	MAALSTROM
MS150W TRD8450	IES	150	13.958	93,1	MAALSTROM
MS200W TRD12645	IES	200	19.200	96,0	MAALSTROM
MS250W TRE6040	IES	250	24.100	96,4	MAALSTROM
MS280W TREE6040	IES	280	26.850	95,9	MAALSTROM
GALAXI 24 LED	IES	57	4.275	75,0	GREE STAR
GALAXI 30LED	IES	71	5.325	75,0	GREE STAR
GALAXI 36LED	IES	86	6.450	75,0	GREE STAR
GALAXI 42LED	IES	100	7.500	75,0	GREE STAR
GALAXI 48LED	IES	114	8.500	74,6	GREE STAR
GALAXI 54LED	IES	128	9.600	75,0	GREE STAR
GALAXI 60 LED	IES	142	10.650	75,0	GREE STAR
GAALXI 66LED	IES	157	11.775	75,0	GREE STAR
GALAXI 72LED	IES	171	12.825	75,0	GREE STAR
GALAXI SOLARIS 48LED	IES	114	8.550	75,0	GREE STAR
GALAXI SOLARIS 72LED	IES	171	12.825	75,0	GREE STAR
SAPPHIRE	MAT	44	2.950	67,0	SCHREDER
* PIANO	IES	112	13.406	119,7	SCHREDER
* AMPERA	IES	125	16.200	129,6	SCHREDER
* AMPERA	IES	156	18.144	116,3	SCHREDER
* PIANO	IES	169	19.365	114,6	SCHREDER
* PIANO	IES	182	21.166	116,3	SCHREDER
* TECEO2	IES	182	20.854	114,6	SCHREDER
* TECEO2	IES	195	22.344	114,6	SCHREDER
* TECEO2	IES	296	34.272	115,8	SCHREDER
* AMPERA	IES	279	33.408	119,7	SCHREDER

* Matrices de luminarias Schreder, de fecha **12/sep/2014**; con eficacia media [115 lm/W]



Tabla 4. 11.- Datos parciales de la matrices fotométricas TECEO2 136 leds.

IESNA:LM-63-2002												
[TEST] 324902												
[TESTLAB] RTECH (Ambient temperature: 25deg C (77deg F) - lumen tolerance: +- 7%												
[ISSUEDATE] 12/09/2014												
[MANUFAC] SCHREDER												
[LUMCAT] 324902												
[LUMINAIRE] TECEO 2												
[LAMPCAT]												
[LAMP] 136 XP-G2 700mA NW [150lm - 350mA]												
[BALLASTCAT]												
[BALLAST]												
[OTHER] TECEO 2 Flat Glass Extra Clear Smooth 5102 136 XP-G2												
[SEARCH]												
TILT=NONE												
1 34272 1.00 91 37 1 2 0.439 0.788 0.119												
1.0 1 296												
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0 16.0												
17.0 18.0 19.0 20.0 21.0 22.0 23.0 24.0 25.0 26.0 27.0 28.0 29.0 30.0 31.0												
32.0 33.0 34.0 35.0 36.0 37.0 38.0 39.0 40.0 41.0 42.0 43.0 44.0 45.0 46.0												
47.0 48.0 49.0 50.0 51.0 52.0 53.0 54.0 55.0 56.0 57.0 58.0 59.0 60.0 61.0												
62.0 63.0 64.0 65.0 66.0 67.0 68.0 69.0 70.0 71.0 72.0 73.0 74.0 75.0 76.0												
77.0 78.0 79.0 80.0 81.0 82.0 83.0 84.0 85.0 86.0 87.0 88.0 89.0 90.0												
0.0 20.0 40.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0 100.0 110.0 120.0												
130.0 140.0 160.0 180.0 200.0 220.0 230.0 240.0 250.0 260.0 270.0 275.0 280.0												
285.0 290.0 295.0 300.0 305.0 310.0 320.0 340.0 360.0												
9686.61 9811.53 9931.69 10044.89 10142.41 10234.71 10314.82 10380.99 10433.24												
10475.03 10502.90 10522.05 10532.50 10537.72 10544.69 10549.92 10553.40												
10555.14 10551.66 10544.69 10527.28 10497.67 10443.69 10368.80 10279.99												
10184.21 10083.20 9976.97 9863.77 9743.61 9609.51 9470.20 9320.43 9156.73												
8959.94 8745.74 8508.90 8252.90 7944.66 7603.32 7216.71 6810.95 6356.42												
5881.00 5384.67 4888.35 4409.44 3925.31 3458.59 3028.44 2652.28 2307.47												
2025.35 1791.99 1617.84 1473.30 1360.10 1271.28 1199.88 1138.93 1083.20												
1037.93 997.87 957.82 919.50 881.19 844.62 806.31 769.74 731.42 693.11 653.06												
609.52 565.98 518.96 475.43 430.15 384.87 337.85 294.31 249.03 205.50 154.99												
107.97 80.11 55.73 36.57 22.64 12.19 8.71 0.00												
9686.61 9748.83 9870.74 9983.93 10082.33 10178.98 10264.31 10340.07 10403.63												
10459.36 10502.73 10533.37 10556.01 10571.68 10583.00 10592.58 10602.16												
10610.87 10618.70 10624.80 10627.41 10623.93 10609.13 10578.65 10530.76												
10469.81 10394.05 10309.59 10212.94 10117.16 10007.44 9882.93 9746.22 9607.77												
9451.04 9286.47 9107.10 8925.11 8708.30 8460.13 8173.66 7854.10 7477.07												
7060.85 6608.07 6130.90 5656.34 5152.19 4641.06 4129.06 3678.02 3235.68												
2834.27 2480.75 2186.43 1940.89 1743.23 1584.75 1461.98 1352.26 1263.45												
1190.31 1123.26 1058.82 1000.48 947.37 896.86 845.49 799.34 754.93 712.27												
667.86 621.71 574.69 525.93 481.52 434.50 390.09 344.81 303.02 261.22 221.17												
183.73 149.77 114.94 83.59 55.73 34.83 18.29 10.45 0.00												
9686.61 9796.72 9892.51 9986.55 10068.40 10151.99 10228.61 10302.63 10367.06												
10430.63 10485.48 10534.24 10572.56 10607.38 10637.86 10663.11 10685.75												
10705.78 10727.55 10749.32 10771.09 10792.85 10813.75 10832.04 10846.84												
10856.42 10858.16 10849.45 10826.81 10791.98 10747.58 10688.36 10616.96												
10536.86 10442.81 10334.84 10215.55 10087.55 9938.66 9782.79 9613.00 9441.46												
9255.12 9047.89 8811.05 8541.11 8243.32 7885.45 7479.68 7044.31 6605.45												
6136.12 5661.57 5173.08 4721.17 4275.35 3856.52 3477.75 3157.31 2858.65												
2592.20 2357.10 2154.22 1953.95 1748.45 1533.38 1315.69 1104.10 943.01 828.08												
743.61 673.08 606.04 538.12 480.65 431.02 380.51 328.27 281.25 239.45 197.66												
160.22 127.13 98.39 71.40 48.76 31.35 19.16 10.45 8.71 0.00												

Fuente: Página Web Schreder; <http://www.schreder.com/ess-es/Productos/Pages/Teceo.aspx?lamp={4}&power={5}&pageNumber=1>



A continuación se presentan la tabla resumen de las simulaciones realizadas, con las matrices fotométricas de luminarias led, para las diferentes vías.

Tabla 4. 12.- Resumen de resultados para vías tipo **M5**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M5 - [LED]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	Maalstrom 50W-cw-22-TRD 3640	GALAXY 24 LED	GALAXY 30 LED	GALAXY 30 LED 8 m ALTURA	GALAXY 36 LED	GALAXY 36 LED 9m ALTURA
Potencia de la Luminaria (W)		50	57	71	71	86	86
Flujo (lm)		4,0	4,28	5,4	5,4	6,5	6,5
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>=0.50	0,43	0,54	0,57	0,50	0,68	0,66
Uniformidad General (Uo%)	>= 35	47,5	31	36,8	50,8	36,8	53,9
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 40	49,6	25,0	30,0	40,0	30,0	47,4
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	10.4	6.7	7,3	6,0	7,5	5,0

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

De las simulaciones efectuadas para este tipo de vía, podemos concluir que la luminancia promedio en la calzada de 0,50 cd/m², se cumple para las luminarias led de 57W en adelante. El Nivel de Deslumbramiento (Ti %); los parámetros de Uniformidad General (Uo%), se cumple para la mayoría de las simulaciones, entre tanto en relación con la Uniformidad Longitudinal (UI %), se cumple para las luminarias Galaxi de 71W y 86W respectivamente.

Como conclusión para este tipo de vías, podemos mencionar que la regulación se cumple para las potencias de luminarias led de **71W en adelante**.



Tabla 4. 13.- Resumen de resultados para vías tipo **M4**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M4 - [LED]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	MS6515-070	MS70W TRD4245	MS 100W 6545	GALAXY 42 LED	GALAXY 48 LED	GALAXY 54 LED 9,5 m 10ª
Potencia de la Luminaria (W)		70	70	100	100	114	128
Flujo (lm)		4.616	4.616	6.912	7.500	8.500	9.600
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>=0.75	0,67	0,60	0,38	0,77	0,88	0,77
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	37,1	31,0	51,1	43,0	44,0	56,0
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 60	21,0	33,0	41,0	36,6	37,0	61,0
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	10,0	12,0	11,0	6,7	6,9	5,2

Nota: No cumple con la regulación vigente

De las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M4, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 0,75 cd/m², se cumple desde la potencia de 100W en adelante, al igual que los parámetro de la Uniformidad General (Uo%) y Nivel de Deslumbramiento (Ti %).

En relación con la Uniformidad Longitudinal (UI %), solo cumple la luminaria Galaxi de 54 leds, correspondiente a la **potencia de 128 W**, esto cambiado las condiciones geométricas de la vía en relación con la altura de montaje (a 9m.), y el ángulo de inclinación (a 10°), por lo que hay que tener presente que los equipos seleccionados cumplan la normativa vigente.



Tabla 4. 14.- Resumen de resultados para vías tipo **M3**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M3 - [LED]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	GALAXY 60 LED	GALAXY 66 LED	GALAXY 72 LED	GALAXY 72 LED 10 m	PIANO 72 LED	APERÁ MAXI 80 LED
Potencia de la Luminaria (W)		142	157	172	172	112	125
Flujo (lm)		10.650	11.775	12.825	12.825	13,406	16,200
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>=1,00	0,88	0,98	1,06	0,996	1,06	1.41
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	49,7	49,0	49,7	56,8	49,7	41,0
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 60	49,9	49,9	50,0	59,6	65,9	75,0
Deslumbramiento (Ti %)	<= 15	6,6	6,7	6,8	5,8	6,8	7,5

Nota:

No cumple con la regulación vigente

De los resultados obtenidos en las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M3, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 1,00 cd/m², se cumple desde la potencia de **172W en adelante**, para luminarias con eficacias de 75 [lm/W] y **desde 112 W** para luminarias con eficacias de 120 [lm/W].

La Uniformidad General (Uo%) y el Nivel de Deslumbramiento (Ti %), se cumple para todas las luminarias simuladas. La Uniformidad Longitudinal (UI %), solo cumplen la luminaria Galaxi de 72 leds, cambiando las condiciones geométricas de la vía (altura de montaje 10m) y las luminarias Piano y Ampera del fabricante Schreder. En este caso de análisis, al igual que los anteriores se debe tener presente siempre la calidad de los equipos seleccionados, para el cumplimiento de la normativa.



Tabla 4. 15.- Resumen de resultados para vías tipo **M2**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M2 - [LED]							
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	GALAXY 72 LED	AMPERA 96 LED	AMPERA 104 LED	PIANO 112 LED	TECEO2 112 LED 10,5m	TECEO 120 LED 10,5m
Potencia de la Luminaria (W)		172	156	169	182	182	195
Flujo (lm)		12.825	18.144	19.365	21.168	20.854	22.344
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>=1,50	0,88	1,31	1,44	1,53	1,57	1,68
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	52,8	40,6	38,4	40,6	41,9	41,9
Uniformidad -- Longitudinal (UI %)	>= 70	48,4	76,45	77,9	76,5	80,3	80,3
Deslumbramiento (Ti %)	<= 10	5,0	7,5	6,6	7,7	7,1	7,1

Nota: No cumple con la regulación vigente

Como conclusión de los resultados obtenidos en las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M2, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 1,50 cd/m², se cumple desde la potencia de **182W en adelante**, para luminarias con eficacias de 115 [lum/W].

Los parámetros de Uniformidad General (Uo%) y el Nivel de Deslumbramiento (Ti %), se cumple para todas las luminarias simuladas, excepto la luminaria Ampera de 104 leds, que da un resultado de 38,4%, cercano a lo exigido en la regulación.

La Uniformidad Longitudinal (UI %), cumplen todas las luminarias simuladas, excepto la luminaria Galaxi 72 leds.



Tabla 4. 16.- Resumen de resultados para vías tipo **M1**

RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA VÍA CLASE - M1 - [LED]					
Modelo de luminaria	REGULACIÓN CONELEC 005/2014	CENTRAL DOBLE		TRES BOLILLO	
		AMPERA 128 LED	TECECO 136 LED	AMPERA 128 LED	TECECO 136 LED
Potencia de la Luminaria (W)		279	296	279	296
Flujo (lm)		33.408	34.272	33.408	34.272
Luminancia Promedio (cd/m ²)	>=2,0	1,82	2,01	2,18	2,35
Uniformidad General (Uo%)	>= 40	35,5	35,5	46,4	48,6
Uniformidad Longitudinal (UI %)	>= 70	69,7	69,8	76,2	78,2
Deslumbramiento (Ti %)	< = 10	6,8	6,8	10,08	10,08

Nota:	No cumple con la regulación vigente
--------------	-------------------------------------

De las simulaciones efectuadas para el tipo de vía M1, Tres Bolillo, podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 2,0 cd/m², se cumple desde la potencia de **279W en adelante**, en luminarias que disponen de eficacias de 115 [lum/W].

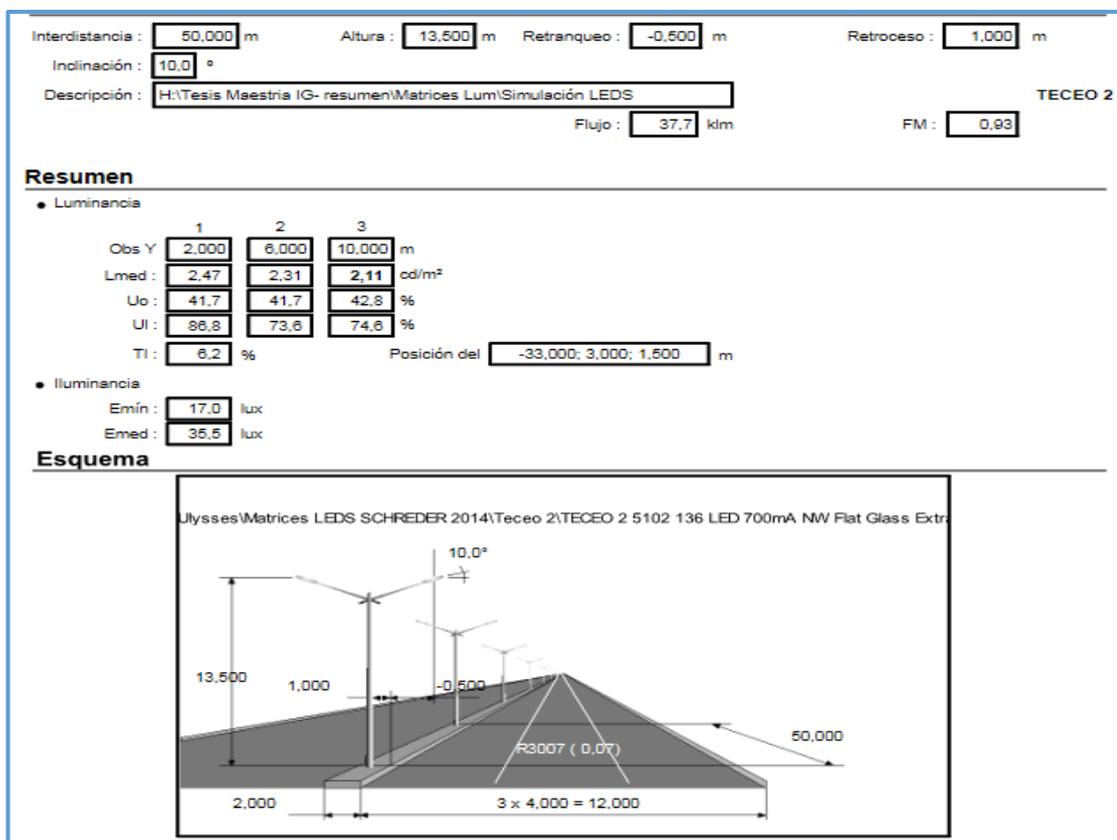
Los parámetros de Uniformidad General (Uo%); nivel de Deslumbramiento (Ti %) y Uniformidad Longitudinal (UI %), cumplen todas las luminarias led analizadas.

En las vías catalogadas como M1, Central Doble, de las simulaciones realizadas podemos decir que la luminancia promedio en la calzada de 2,0 cd/m², se cumple desde la potencia de **296W en adelante**, en las luminarias que disponen de eficacias de 115 [lum/W].

El Nivel de Deslumbramiento (T_i %) y la Uniformidad Longitudinal (U_l %), se cumple para todas las luminarias simuladas; entre tanto la Uniformidad General (U_o %), **no se cumple**. En resumen, en este caso de análisis en particular debido al incumplimiento del parámetro de la Uniformidad General (U_o %), las luminarias simuladas led, no cumplen con la regulación vigente. Así mismo, es importante recalcar que no fue posible conseguir matrices fotométricas de luminarias led de potencias superiores a los 296W, esto con el propósito de disponer de mayor flujo lumínico que permita cumplir con lo establecido en la regulación.

Asumiendo que la tecnología led tiene características de linealidad en relación con su eficacia lumínica [lm/W], análisis que se demostrara más adelante, se ha simulado la matriz de la luminaria Teceo2- 296W con un incremento del 10% en potencia como en flujo lumínico, análisis que ha dado los siguientes resultados:

Figura 4. 3.- Simulación fotométrica, luminaria TECEO2 ajustada a 325W; Ulysse2.3





Como conclusión final de las diferentes simulaciones aplicadas para las vías tipo en las configuraciones geométricas propuestas, tanto para las luminarias de vapor de sodio como led, que cumplen la regulación de alumbrado público vigente, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. 17.- Resumen de resultados en Sodio y Led, que cumplen la regulación

TIPOS DE VÍAS							
Tipo	Dato	M1	M2	M3		M4	M5
Sodio	W	400	250	150		100	70
	Total W	440	279	169		115	81
	lm/W	133	124	110		107	90
Led	W	325	182	112	172	128	71
	Total W	325	182	112	172	128	71
	lm/W	115	115	115	75	75	75
Ahorro %		-26%	-35%	-34%	2%	11%	-12%

Total W: Considera la potencia de la luminaria incluido el máximo valor de pérdidas del balasto de acuerdo con lo establecido en la pag.36, del Reglamento Técnico Ecuatoriano “RTE INEN 069” Alumbrado Público.

Podemos observar que para las luminarias de vapor de sodio de mayor potencia, se disponen de mayores eficacias, con valores que van desde 124 a 133 [lm/W], lo que hace que estos equipos (400W y 250W), dispongan de mejores rendimientos fotométricos, en relación con los de menor potencia, esto por el tipo de tecnología y flujo luminoso de las fuentes de luz.

Para el caso de las fuentes led con eficacia de 75 [lm/W], el análisis de las vías tipo M5, da como resultado un ahorro en la potencia instalada de alrededor del 12%, en comparación con las fuentes de sodio 70W. En las vías tipo M4 y M3, el rendimiento lumínico de estos equipos no permiten obtener un ahorro energético. En las vías tipo M2 y M1, no cumplen la regulación de alumbrado vigente, por lo que ha sido necesario esperar el avance de la tecnología led



hasta disponer de eficacias lumínicas mayores o similares a valores de 115 [lm/W], como es el caso de la matriz fotométrica de la luminaria Teceo2 296W, 12/09/2014, del proveedor Schreder, esto para poder cumplir con las exigencias fotométricas de las vías propuestas.

Con estos equipos y tecnología en mención, para las vías tipo M3, se puede obtener un ahorro en la potencia instalada de alrededor del 34%. Para las vías M2, un ahorro cercano al 35%, resultando este caso el de mejor rendimiento lumínico de todas las luminarias led analizadas. Para el caso de las vías tipo M1, nos da como resultado un ahorro del 26% en la potencia instalada.

4.3.2.- Mediciones

Las mediciones realizadas a las diferentes marcas, modelos y equipos de luminarias de vapor de sodio alta presión y led existentes dentro del mercado nacional, se basan principalmente en dos tipos: Las mediciones de las principales características eléctricas mediante la utilización de equipos de calidad de energía; y, las mediciones fotométricas relacionadas con la iluminancia y luminancia de las vías, mediante la utilización de luxómetros y luminancímetros respectivamente.

4.3.2.1.- Mediciones eléctricas

El objetivo de las mediciones eléctricas, es la determinación de las principales características técnicas; la verificación del cumplimiento de acuerdo a lo exigido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER); y, la identificación de las posibles afecciones a la calidad de energía debido a los componentes de las luminarias.

El Equipo utilizado para la medición de estos parámetros, es un equipo de calidad de energía "PM 7000 marca RANGER", el mismo que se programa para registrar las principales magnitudes eléctricas en intervalos de 10 minutos, durante 24 horas y que entre otras están:



- a) Corriente media
- b) Potencias: activa, reactiva y aparente
- c) Factor de potencia
- d) Flicker (PST)
- e) Armónicos (THDv, THDi)
- f) Energía en el período analizado.

4.3.2.1.1- Mediciones eléctricas de luminarias de vapor de Sodio

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores promedios de los parámetros registrados por el equipo de calidad, durante 24 horas de monitoreo, considerando las luminarias de vapor de sodio.

Tabla 4. 18.- Resumen de los principales parámetros eléctricos medidos [Sodio]

	Lámpara 1		Lámpara 3		Lámpara 2		Lámpara 4		Lámpara 6		Lámpara 7		Lámpara 8		Lámpara 9		Lámpara 10	
Marca	GPL		SCHREDER		GPL		SCHREDER		GPL		GPL		GPL		SCHREDER		GPL	
Modelo	INT1150DN		AMBAR 3		INT1250DN		AMBAR 3		INT1250DN		INT1250DN		INT1250DN		AMBAR 3		INT1250DN	
	nivel 1	nivel 2	nivel 1	nivel 2														
Potencia Nominal [W]	150		150		250		250		250		250		250		250		250	
Corriente [A]	0,688	0,446	0,849	0,542	1,106	0,842	1,421	1,011	1,35	0,925	1,344	0,873	1,092	0,731	1,382	0,981	1,339	0,936
Potencia Activa [W]	148	96	180	117	238	176	303	214	284	195	279	186	226	148	288	197	278	199
Potencia Reactiva [VAR]*	-0,9		-31		0,0714		1,0238		14	-32	45	-7	-20	-48	54	25	6	-33
Potencia Aparente [VA]	148	96	184	117	238	181	308	214	284	198	283	186	227	156	293	199	278	201
Factor de Potencia	0,998	1	0,979	1	1	0,973	0,985	0,981	0,999	0,987	0,987	0,999	0,996	0,951	0,983	0,992	1	0,986
Pst	0,1	0,13	0,08	0,11	0,1	0,13	0,08	0,11	0,11	0,08	0,11	0,08	0,09	0,07	0,09	0,07	0,34	0,07
THDi[%]	25,8	31	23,1	28,1	25,2	29,6	22,5	27,9	32,8	30	32,5	31,6	36,3	31,2	28,2	25,1	33,3	29,6
THDv[%]	1,1	1,4	1,1	1,4	1,1	1,4	1,1	1,4	2,1	1,8	2,1	1,8	2,3	1,5	2,3	1,5	2,4	1,6
Corriente de arranque [A]	1,763		2,173		2,518		2,721		4,219		2,301		2,151		3,695		1,653	
Tiempo de primer nivel	5:30:00		5:24:30		5:30:00		5:25:48		3:41:24		5:30:33		5:15:03		5:10:40		5:19:53	

Las mediciones realizadas a las luminarias de vapor de sodio, permiten analizar y verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas emitidas por el MEER, de esta manera realizar un filtro de la calidad de las luminarias ofertadas, y en lo posterior complementar el análisis mediante la medición de campo de los parámetros fotométricos.

4.3.2.1.2- Mediciones eléctricas de las luminarias Led

Debido a que la tecnología led está en constante evolución y desarrollo, la misma no ha tenido una penetración importante en el mercado nacional ecuatoriano, sin embargo se han instalado luminarias led en calidad de proyectos pilotos, lo cual de alguna forma ha dificultado las mediciones de sus principales características eléctricas.

Las mediciones realizadas a las escasas luminarias disponibles en el mercado nacional y que fueron factibles conseguir a través de la empresa de distribución CENTROSUR y por el investigador, se resumen los resultados obtenidos en el siguiente cuadro (ver Anexo N° 4, registros del equipo de calidad de energía de una luminaria led.).

Tabla 4. 19.- Resumen de los principales parámetros eléctricos medidos [Led]

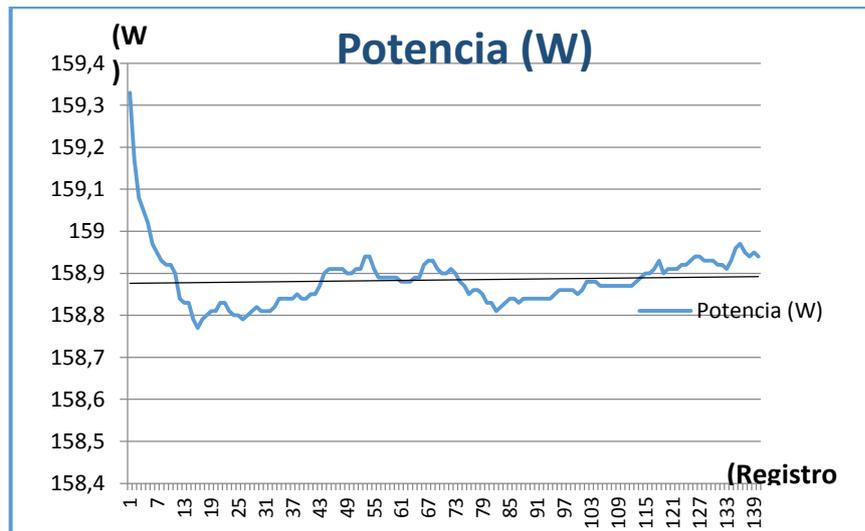
	Lámpara 1	Lámpara 2	Lámpara 3	Lámpara 4	Lámpara 5	Lámpara 6	Lámpara 7	Lámpara 8	Lámpara 9	Lámpara 10	Lámpara 11
Marca	SUNLIGTH	SALLUZ	GREEN STAR	LED STREET LIGHT	SYLVANIA	SYLVANIA	SYLVANIA	SCHREDER	SCHREDER	SCHREDER	INDEL
Modelo	SST-220	S/N	S/N	PET B 90-53V 1920H	NOVA LED	NOVA LED	NOVA LED	LFH (cuadrada)	HAPILED (circular)	CLARO 1	Stela wide
Potencia Nominal [W]	220W	160W	160,00	154,00	150,00	90,00	60,00	75,00	75,00	51W	64W
Tensión	221,40	219,50	218,20	128,00	220,04	220,04	220,04	220,04	220,04	220,00	220,00
Corriente [A]	1,01	1,16	0,74	1,28	0,638	0,40	0,249	0,22	0,34	0,39	0,49
Potencia Activa [W]	213,10	146,84	158,00	161,40	135,00	85,00	52,00	45,00	71,00	49,79	62,18
Potencia Reactiva [VAR]*	-63,17	-21,00	-27,50	-22,20	-35,00	-23,00	-14,00	-17,00	-25,00	-2,98	-5,95
Potencia Aparente [VA]	222,17	148,05	160,30	164,30	140,00	88,00	54,00	48,00	76,00	49,79	62,18
Factor de Potencia	0,96	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,93	0,94	0,99	0,99
Pst (Flicker)	0,11	0,12	0,11	0,60	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,12
THDi[%]	11,25%	7,74%	4,80%	12,68%	10,70%	9,50%	17,60%	12,40%	19,70%	16,08%	5,37%
THDv[%]	2,14%	1,95%	1,59%	6,70%	1,60%	1,60%	1,60%	1,30%	1,30%	1,50%	1,63%
Corriente de arranque [A]	4,03	2,63	2,96	2,52	6,54	4,90	4,67	3,18	3,53	1,87	2,20

De los datos obtenidos, de las pruebas eléctricas realizadas a las luminarias led por el equipo de calidad, podemos mencionar lo siguiente:

Potencia Activa

Las potencias activas promedio de funcionamiento en la mayoría de los casos analizados, resultaron ser menores a los indicados en las placas de los equipos.

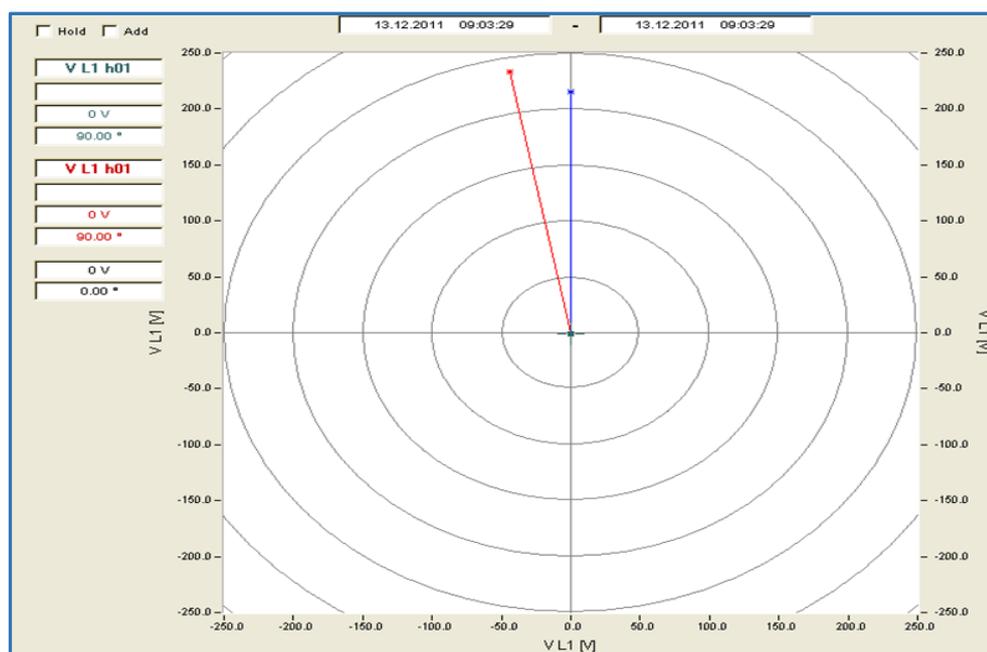
Figura 4. 4.- Potencia activa, luminaria Green Star 72 Led



Factor de Potencia

En todos los casos se cumple con la exigencia del parámetro, resultando un valor promedio de 0,97 capacitivo.

Figura 4. 5.- Fasores de tensión y corriente, luminarias Green Star 72 Led



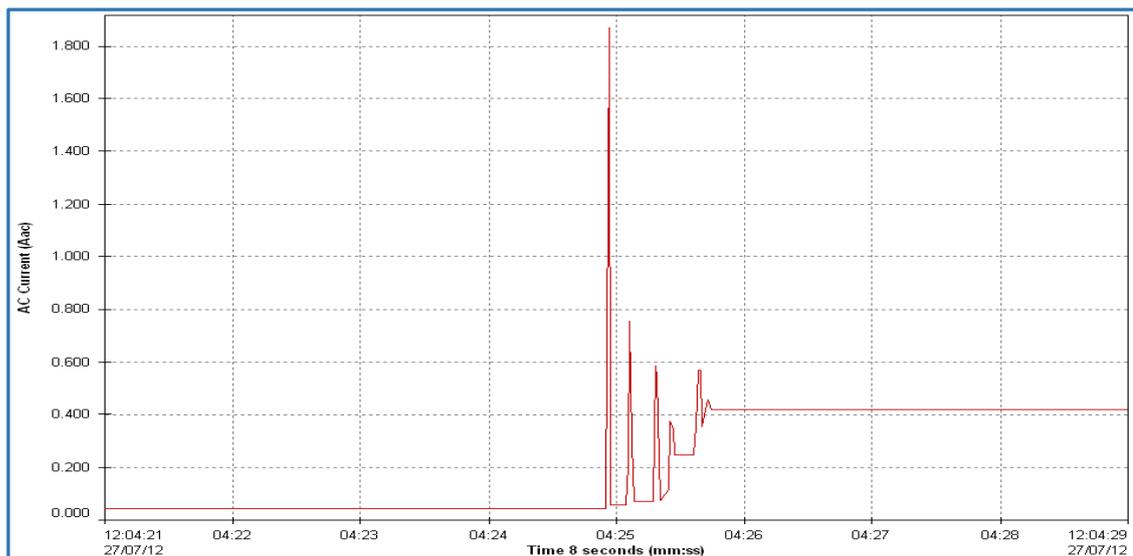
Potencia Reactiva

Como se puede apreciar en las mediciones efectuadas, la potencia reactiva registrada en todas las luminarias led, resultaron ser capacitivas. Esta característica es conveniente, debido a que se compensa la carga reactiva inductiva presente en los sistemas de distribución.

Corrientes de Arranque

Se observa que el arranque en este tipo de tecnología es instantáneo, va desde el orden de los milisegundos. Adicionalmente la potencia se estabiliza de forma instantánea, es decir, no existe como el caso de las fuentes de luz convencionales (mercurio, sodio), una etapa de precalentamiento.

Figura 4. 6.- Corriente de arranque de la luminaria Schreder, Claro 151W



Perturbación rápida de voltaje “Flicker”

En todos los casos analizados, las luminarias led no presentaron inconvenientes con respecto a producción de flicker¹⁶. De acuerdo con la regulación vigente CONELEC-004/01 “CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN”, el índice de severidad del parpadeo de la luz de corta duración “Pst”, debe ser ≤ 1.0 , más bien los valores promedios detectados en las mediciones (Pst = 0,11), son propios de la fuente.

¹⁶ Flicker: Regulación CONELEC 004/01.- Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo

Pst.- Parpadeo de corta duración, medidos en intervalos de 10 minutos y definido por la norma IEC 61000-3-3:1995



Distorsión Armónica Total de Corriente (THDi)

De las mediciones efectuadas se puede notar que existen equipos que producen una distorsión armónica total de corriente del 4,80%, otros con valores máximos de 19,70%, por lo que se recomienda considerar como valor máximo admisible, el valor promedio registrado de las pruebas “THDi” de 12%.

Distorsión Armónica Total de Tensión (THDv)

Del resultado del análisis se puede apreciar que no existe contaminación armónica de tensión producido por la tecnología led, los valores máximos están alrededor de 6,70% (un oferente), el valor mínimo va por el orden de 1,3%, por lo que se recomienda considerar como valor máximo admisible THDv para las luminarias led, el valor promedio registrado “THDv” de 3%.

Figura 4. 7.- Principales características recomendadas para luminarias Led

ELÉCTRICO		ÓPTICA	
Voltaje de entrada	100-280 VAC.	Temperatura de color	4.300K - 6.000K
Frecuencia	60 Hz	Patrón de luz	Tipo II; Tipo IV; Ambos
Factor de Potencia	> 0,92	Eficiencia del patrón	Uniforme y de corte abrupto (Full Cut Off)
Supresión de Picos	10KV	Mantenimiento del Flujo	Min L70 65.000 horas
Distorsión Armónica Tensión(Thd V)	Max 3%	AMBIENTAL	
Distorsión Armónica Corriente(Thd I)	Max 12%	Temperatura de operación	-40C a + 50C;
Corriente operación	350 mA - 700 mA	Condiciones de operación	-40F a +122F
Ahorro en potencia instalada	Min 30%		Min IP-65 (óptico y eléctrico)
DRIVER			
Consumo	Max 12% fuente de luz		
Vida útil	Min 33.000 horas		
MECÁNICO		DOCUMENTOS	
Dimensiones	A especificar	Matrices en formato IES, independientes del fabricante	
Peso	< 30Lbs	Garantías y certificaciones	
Material de la carcaza	Aleación de aluminio	Protocolos de pruebas	
Resistencia a Impactos	Min IK8	Al menos dos muestras	
Material de los lentes	Alta resistencia al impacto		

4.3.2.2.- Mediciones fotométricas

Las mediciones fotométricas de campo se han realizado en las principales vías de la ciudad de Cuenca, con el propósito de determinar el cumplimiento de la regulación de iluminación vigente asociada con esta tecnología. El alumbrado de las vías catalogadas como tipo M4-M3-M2 y M1, posee luminarias de vapor de sodio en potencias de 150W-250W y 400W respectivamente.

Para las mediciones en general, se aplica el método establecido en la norma “CIE N° 140-2000 ROAD LIGHTING CALCULATION”, que entre otros considera que las fuentes de luz deben de tener por lo menos 100 horas de uso y que no debe de existir la influencia de fuentes de luz externas.

El equipamiento utilizado para el caso de las mediciones de Iluminancia (lux), es un luxómetro Extech HD450, que entre sus características tiene un alcance desde 0.1 - 400.000 lux; un rango de precisión de +/- 3%; calibración de fábrica; con medidas de color y coseno corregidas.

Figura 4. 8.- Luxómetro Extech HD450



Para las mediciones de luminancia (cd/m^2), se utilizó el luminancímetro de la CENTROSUR “MAVO-SPOT 2”, que es un instrumento de precisión, con un

ángulo de medición de 1°, con medidas de luminancia desde distancias de 1m hasta el infinito, equipado con un sistema óptico réflex de alta calidad y con calibración de fábrica.

Figura 4. 9.- Luminancímetro MAVO-SPT 2



4.3.2.2.1.- Mediciones fotométricas en luminarias de vapor de Sodio

Para el caso de la vía tipo M1, se han realizado las mediciones en la Av. de las Américas y Francisco Ascazubi, sector del diario el Mercurio, perteneciente a la parroquia Yanuncay del cantón Cuenca.

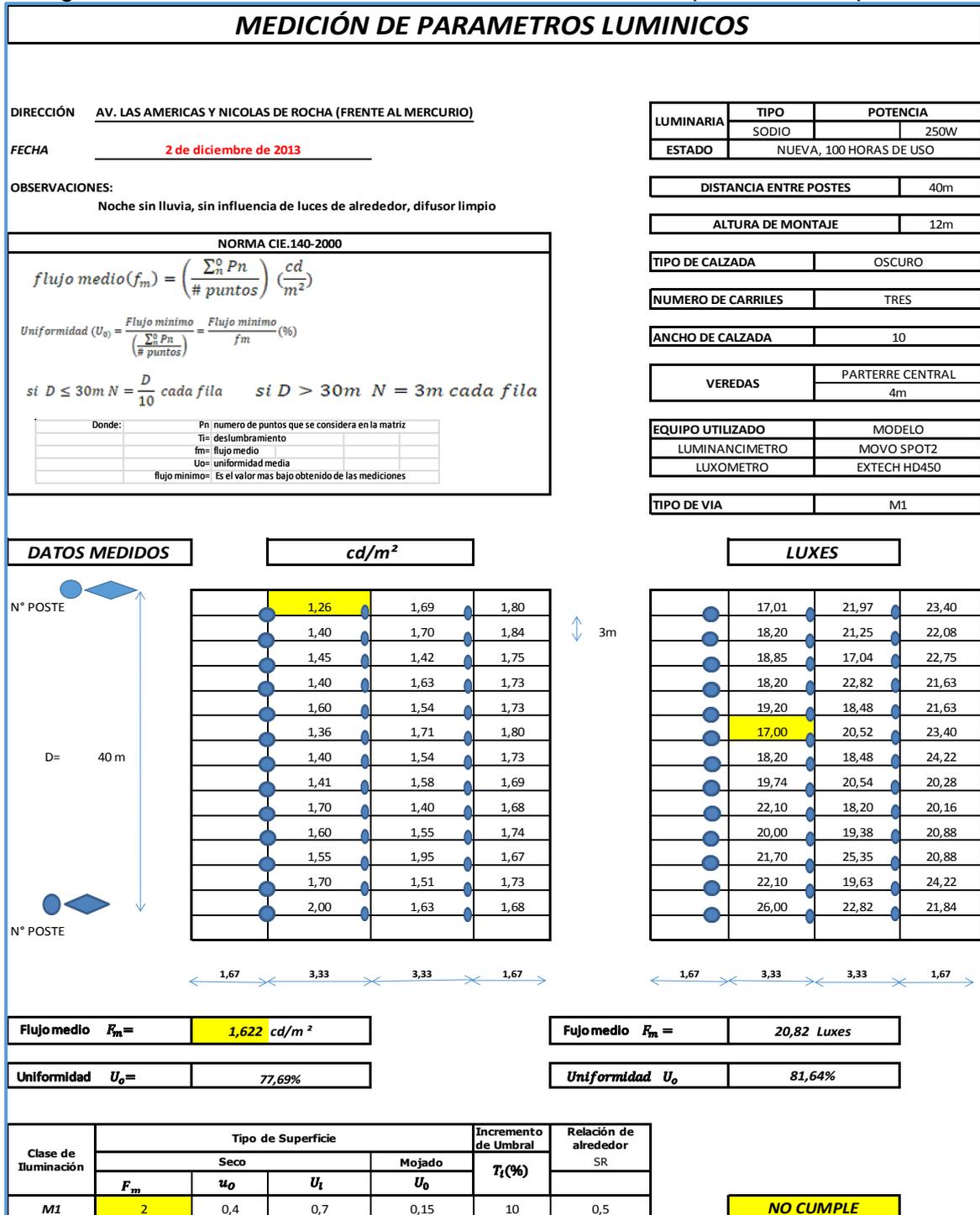
Para el registro de las mediciones tanto de iluminancia (lux), como de luminancia (cd/m^2), se ha propuesto un formato de recolección de datos, en el cual se detalla las características geométricas de la vía analizada, las principales condiciones de medida y los equipos utilizados.

El formato permite en aplicación de la normativa “CIE N° 140-2000 ROAD LIGHTING CALCULATION”, detallar el resumen de los valores medios; calcular



el flujo medio; la uniformidad, con el propósito de determinar el cumplimiento la regulación de alumbrado público vigente “CONELEC 005/2014”.

Figura 4. 10.- Resumen de las mediciones fotométricas, para una vía tipo **M1**



En conclusión de las mediciones efectuadas en esta vía, podemos definir que el resultado obtenido de 1.62 cd/m², la iluminancia de 20.82 Lux, la Av. de las



Américas, **No cumple** con las condiciones de iluminación de una vía catalogada como M1.

Se sugiere cambiar la potencia de las luminarias instaladas de 250W, a 400W, ya que el tipo de tecnología (sodio), no dispone de potencia intermedias entre estos valores, o ver la posibilidad de instalar luminarias con iguales o mejores rendimiento fotométricos, como el caso de los equipo de tecnología led.

El mismo procedimiento se realiza para otras vías de la ciudad, cuyo detalle se registra en el Anexo N° 5, y el resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4. 20.- Resumen de medidas fotométricas en vías de la ciudad de Cuenca

CALLE	ENTRE		VÍA TIPO	Potencia	cd/m ²	lx	REGULACIÓN
Huayna Cápac	Mariscal Lamar	Gran Colombia	M1:2,0 cd/m ²	400W	5,989	79,14	Cumple
Av. Américas	Francisco Ascazubi	Pio Montufar	M1:2,0 cd/m ²	250W	1,622	20,82	No Cumple
Gran Colombia	Hermano Miguel	Borrero Pablo	M2:1,5 cd/m ²	250W	3,298	42,53	Cumple
Don Bosco	Quinto Carlos	Picasso Víctor	M2:1,5 cd/m ²	250W	2,354	30,94	Cumple
Av. Enrique Arízaga	Isauro Rodríguez	Víctor Tinoco	M2:1,5 cd/m ²	250W	1,511	19,84	Cumple
Bolívar	Hermano Miguel	Borrero Alfonso	M2:1,5 cd/m ²	250W	2,668	34,5	Cumple
Rafael Ramírez	Remigio Borrero	Alfonso borrero	M4:0,75 cd/m ²	150W	0.75	9,98	Cumple

Como conclusión de las mediciones efectuadas a las diferentes vías de la ciudad de Cuenca, podemos definir que de acuerdo a los resultados obtenidos tanto en cd/m², como en luxes, en relación con las condiciones geométricas de las vías, la mayoría cumplen con lo establecido en la regulación del alumbrado público vigente, excepto la Av. De las Américas. Se considera que las vías y calles de la ciudad de Cuenca se encuentran sobre iluminadas, debido entre otros, que la tecnología de las fuentes de sodio, no disponen de potencias intermedias entre los valores de 150-250 y 400W.



4.3.2.3.- Otras mediciones

4.3.2.3.1.- Relación [lx/W] en luminarias de vapor de Sodio

En el mercado nacional, existen luminarias de vapor de sodio de potencia constante y luminarias de doble nivel de potencia, las mismas que nos permiten reducir el consumo de energía y flujo, con la premisa de mantener un nivel de iluminación adecuado que brinde seguridad y confort visual a los conductores y peatones.

El principio de funcionamiento de los equipos doble nivel de potencia, se basa en reactancias que inicialmente proporcionan los valores máximos de flujo y potencia denominado nivel máximo o primer nivel, posteriormente en un intervalo de tiempo (5h30), mediante un temporizador se acciona un relé que permite conmutar la bobina a otra de mayor impedancia, reduciendo la corriente en la lámpara, el flujo emitido por la misma y la potencia absorbida de la línea, obteniéndose así el nivel reducido o segundo nivel. En las siguientes tablas se presenta el resumen de los resultados obtenidos en relación con el consumo de la potencia de varias luminarias de doble nivel de 150W y 250W, mediante el equipo de calidad.

Tabla 4. 21.- Resultados de potencia de entrada en luminarias **250W**

LUMINARIA DE SODIO 250W, DOBLE NIVEL										
	Luminaria 1		Luminaria 2		Luminaria 3		Luminaria 4		Luminaria 5	
	GPL		GPL		GPL		SCHREDER		SCHREDER	
Modelo	INTI250DN		INTI250DN		INTI250DN		AMBAR 3		AMBAR 3	
Nivel	nivel 1	nivel 2								
Potencia Nominal [W]	250		250		250		250		250	
Potencia Activa Total [W]	284	195	279	186	278	199	288	197	292	215
Reducción Potencia	69%		67%		72%		68%		74%	
% Ahorro	31%		33%		28%		32%		26%	
Promedio ahorro	30%									

Tabla 4. 22.- Resultados de potencia de entrada en luminarias **150W**

LUMINARIA DE SODIO 150W, DOBLE NIVEL										
	Luminaria 1		Luminaria 2		Luminaria 3		Luminaria 4		Luminaria 5	
	GPL		GPL		SCHREDER		SCHREDER		SCHREDER	
Modelo	INTI		INTI		OPALO 2		AMBAR 3		ONIX 1	
Nivel	nivel 1	nivel 2								
Potencia Nominal [W]	150		150		150		150		150	
Potencia Activa Total [W]	175,2	110,3	162,3	108,9	179,4	112,5	180,0	117,0	173,6	113,3
Reducción Potencia		63%		67%		63%		65%		65%
% Ahorro		37%		33%		37%		35%		35%
Promedio ahorro	35%									

Como conclusión de las pruebas realizadas, se puede mencionar que las luminarias de vapor de sodio de doble nivel de potencia, presentan un ahorro que oscila entre el 30% para los equipos de 250W y del 35% para 150W.

Las pruebas complementarias que se ejecutan en la determinar de la relación $[lx/W]$, es la medición de la iluminancia en el nivel de potencia máxima como en el nivel reducido, cuyos resultados se presentan en las siguientes figuras.

Figura 4. 11.- Mediciones de Iluminancia en nivel máximo y reducido (**250W**)

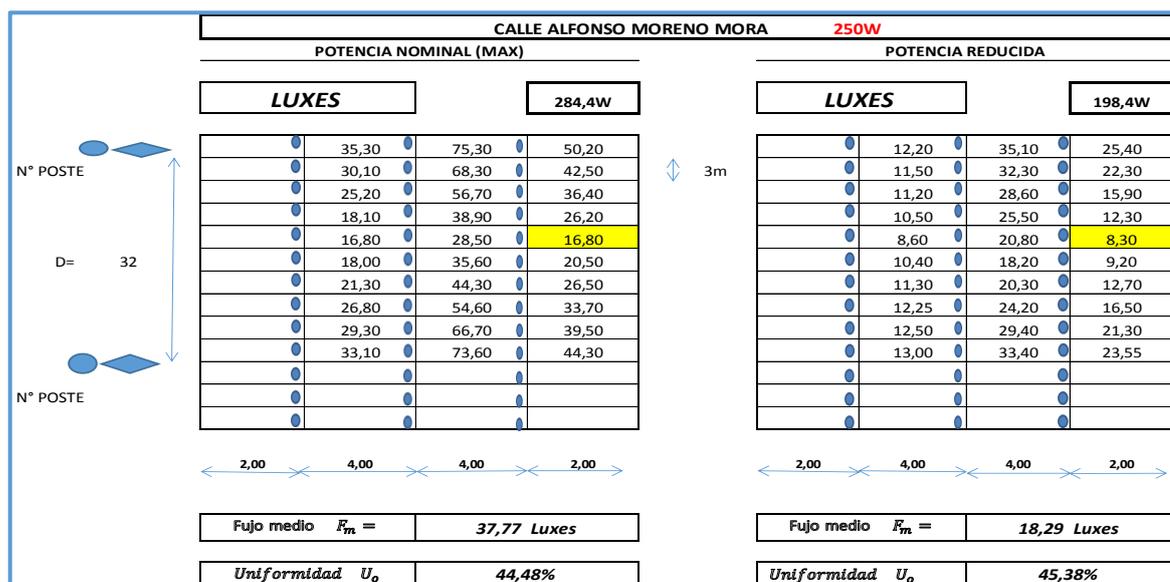
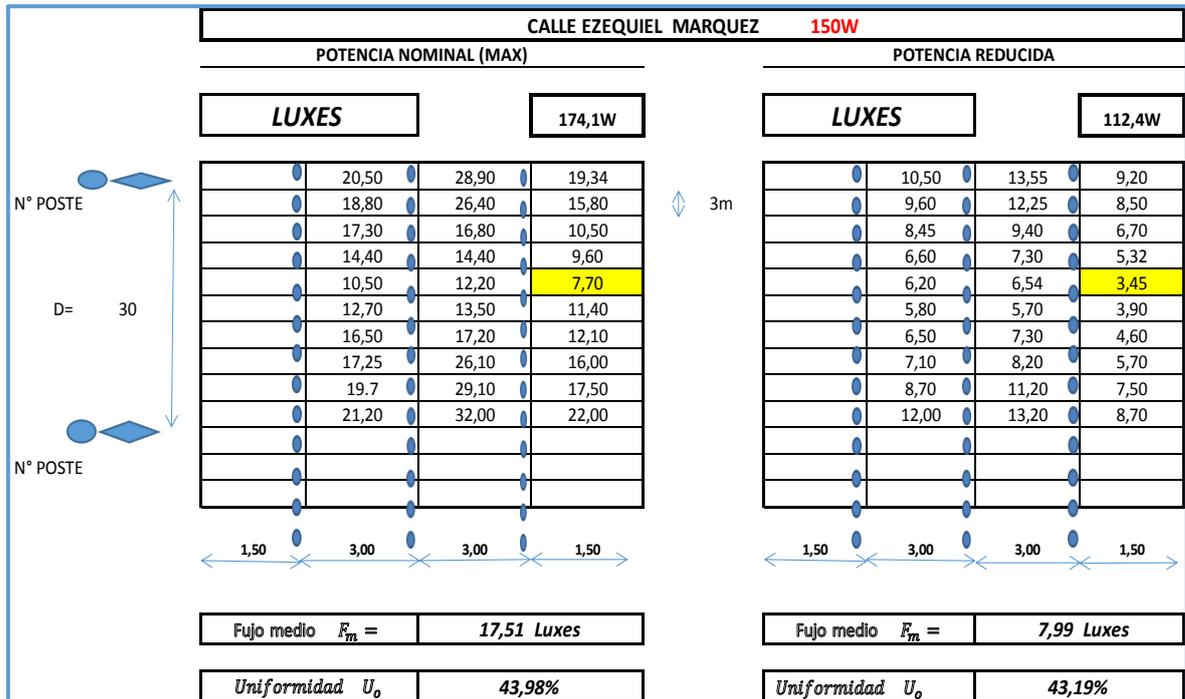


Figura 4. 12.- Mediciones de Iluminancia en nivel máximo y reducido (150W)



Luminancia Media (Ix) en nivel reducido.- Considerando las mismas condiciones de instalación, la luminaria de doble nivel de potencia en el nivel reducido, disminuye su iluminancia en el área de la calzada, entre valores que van desde el 55% al 52% en relación a su potencia máxima o nominal.

Uniformidad General (Uo) en nivel reducido.- La luminaria de doble nivel de potencia en nivel reducido disminuye los niveles tanto de luminancia media como mínima en igual proporción, debido a que se trata del mismo equipo óptico, razón por la cual la uniformidad de luminancia se mantiene en el mismo valor en comparación con el nivel máximo o potencia nominal.

El Incremento de Umbral [Ti] en nivel reducido.- Al disminuir el flujo de la lámpara en el nivel reducido, se reduce también el brillo molesto de la luminaria, reduciendo de esta forma el [Ti] “Incremento de umbral”.

En la siguiente tabla se observan el resumen de las pruebas de iluminancia ejecutadas a luminarias de doble nivel de potencia.



Tabla 4. 23.- Resultados de la relación [lm/W], en luminarias de Sodio

FACTOR	Luminaria 150 W		Luminaria 250W	
	Nivel Max	Nivel reducido	Nivel Max	Nivel reducido
POTENCIA [W]	174,1	112,4	284,2	198,4
% DE POTENCIA	1,00	0,65	1,00	0,70
% POTENCIA REDUCIDA	0,35		0,30	
LUMINANCIA (lx)	17,51	7,99	37,77	18,29
% ILUMINANCIA (lx)	1,00	0,46	1,00	0,48
% ILUMINANCIA REDUCIDA (lx)	0,54		0,52	
RELACIÓN [lx/W]	0,10	0,07	0,13	0,09
REDUCCIÓN [lx/W]	29,32%		30,63%	

Como conclusión final de estas pruebas, podemos mencionar que la relación [lx/W], para las luminarias de vapor de sodio, se ve reducida en valores del 29,3% para las potencias de 150W y del 30,6% en las de 250W, debido a que la variación del flujo y potencia no tienen la misma proporción, lo que se traduce a un decremento de la eficacia lumínica. Es decir, con el mismo equipo en potencia nominal se dispone de un flujo óptimo, lo que no ocurre en el nivel de potencia reducida, comprobándose de esta forma **que no existe una relación lineal [flujo/potencia]**, en este tipo de tecnología.

4.3.2.3.2.- Relación [lx/W] en luminarias Led

Con el objetivo de determinar la relación [lx/W], para las fuentes de tecnología led, se realiza las mediciones eléctricas y fotométricas a un proyecto piloto ubicado en la Av. General Artigas, sector de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, el mismo que consta de la instalación de tres luminarias TECEO 2, de la marca Schreder (144 led, 500 mA; 230 W, flujo de 25.000 lum, peso de 17.5 Kg.), luminarias que disponen de un sistema de telegestión que incluye: una antena de 10 mW (Gateway marca OWLET, modelo seco 10 mW); interfaz ZIGBEE; e interface GPRS. Este sistema permite la posibilidad de discriminar la potencia y el flujo de la luminaria en ciertas horas de la noche.



El sistema Owlet Nightshift del proveedor Schreder, es un sistema de telegestión basada en un protocolo ZIGBEE de comunicación abierta bidireccional, que permite supervisar, controlar, medir y gestionar una red de iluminación pública.

Gracias a la comunicación bidireccional, es posible supervisar el estado operativo, el consumo de energía y los posibles fallos, así como el encendido/apagado o actuar sobre el flujo emitido por cada luminaria, individualmente o colectivamente y en cualquier momento. El estado operacional, el consumo energético y los fallos son reportados y almacenados en una base de datos, con registro del tiempo y su localización geográfica exacta, en el caso de requerirse por situaciones de telegestión.

En el proyecto piloto, mediante el sistema de telegestión, se comanda la potencia instalada en porcentajes de potencia de ingreso del: 100%; 90% y 60%, registrándose en estas condiciones las mediciones de los principales parámetros eléctricos con el equipo de calidad de energía, cuyo detalle se adjunta en el Anexo N° 6.

Tabla 4. 24.- Mediciones eléctricas en sistemas de telegestión de luminarias Led

FACTOR	Luminaria LED TECEO2 220W		
	Potencia Ingreso 100%	90%	80%
Marca	SCHREDER	SCHREDER	SCHREDER
Modelo	TECEO2	TECEO2	TECEO2
Potencia Nominal [W]	220 x 3	220 x 3	220 x 3
Corriente [A]	3.097	2.821	2.452
Tensión media [V]	222.1	224.2	221.5
Potencia Activa [W]	655	598	507
Potencia Reactiva [VAR]*	-188	-186	-177
Potencia Aparente [VA]	681	627	537
Factor de Potencia	0.961	0.955	0.944
Pst	0.10	0.11	0.12
THDi[%]	15.1%	15.9%	17.2%
THDv[%]	1.34%	1.58%	1.33%
Corriente de arranque [A]	5.648	5,432	5.308



Las mediciones de la iluminancia y luminancia, se realizan mediante la aplicación del método convencionalmente conocido como el de los nueve puntos, por ser un método aceptado y rápido de medición, cuyo detalle y registro se aprecia en la siguiente figura:

Figura 4. 13.- Mediciones de iluminancia y luminancia, método de los 9 puntos

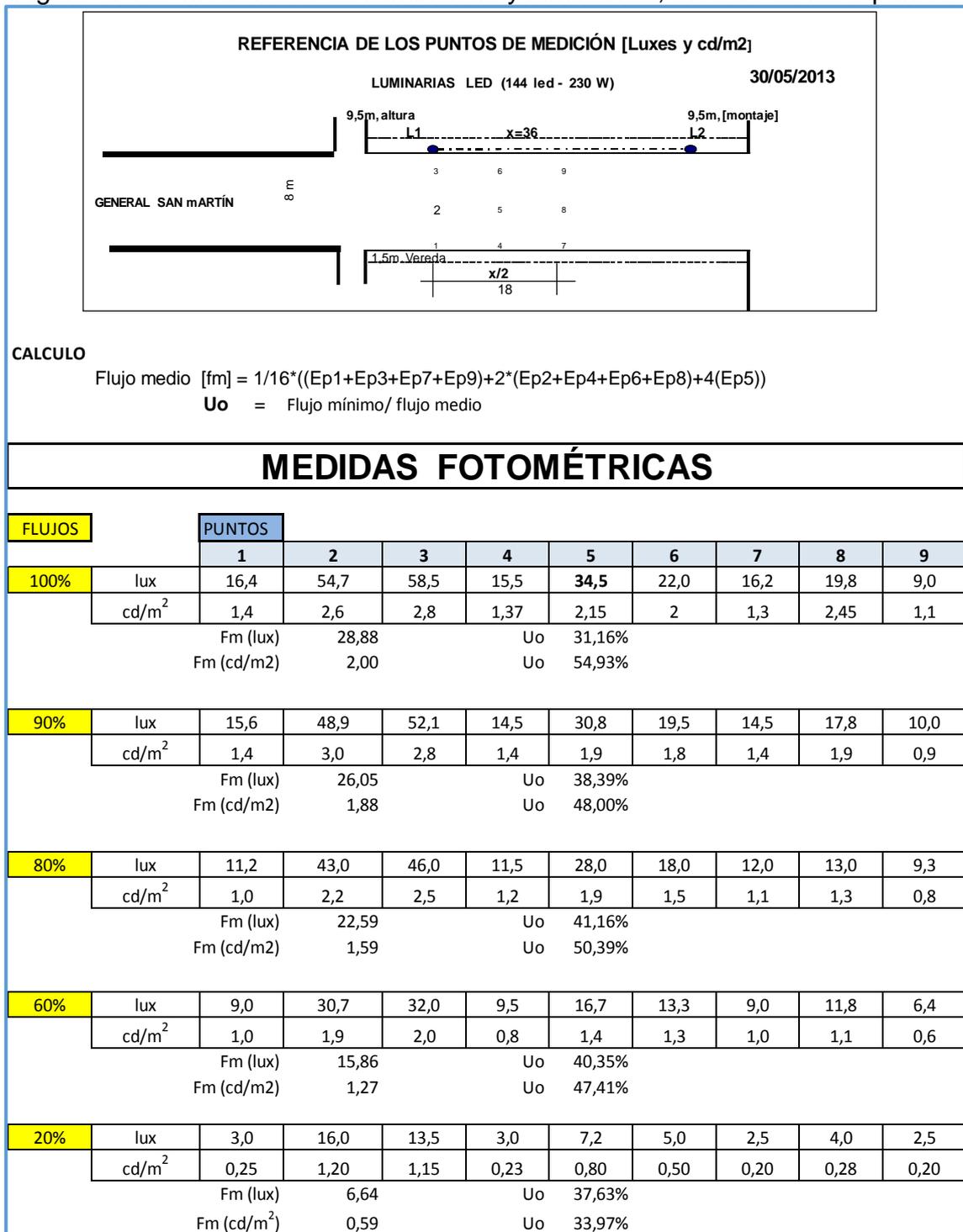




Tabla 4. 25.- Resultados de la relación [lm/W], en luminarias Led

ACTOR	Luminaria LED "TECEO2 220W"		
	Potencia ingreso	100%	90%
POTENCIA [W]	655	598	507
% DE POTENCIA	1,00	0,91	0,77
% POTENCIA REDUCIDA		0,09	0,23
LUMINANCIA (lx)	28,88	26,05	22,59
% ILUMINANCIA (lx)	1,00	0,90	0,78
% ILUMINANCIA REDUCIDA		0,10	0,22
RELACIÓN [lx/W]	0,044	0,044	0,045
REDUCCIÓN [lx/W]		0,000	0,001

Como conclusión de estas pruebas, podemos mencionar: que la relación [lx/W], para las luminarias de tecnología led, no se ve afectada, debido a que la variación del flujo y potencia se mantiene en la misma proporción, lo que se traduce a una constante de la eficacia lumínica. Es decir, con el mismo equipo se obtiene en potencia nominal, un flujo óptimo, al igual que en diferentes valores de potencia, comprobándose de esta forma que **existe una relación lineal [flujo/potencia]**.

4.3.2.3.3.- Equivalencia de potencias de fuentes de Sodio Vs Led

En la tecnología led, constituye un aspecto de suma importancia el análisis de comparación de las equivalencias de potencia de fuentes de sodio vs las fuentes de led, en la iluminación de las vías tipo, de acuerdo con la regulación.

Para esta prueba se elige una vía catalogada como M2, que cumpliendo con la normativa vigente y la geometría vial propuesta, corresponden a la utilización estándar de fuentes de sodio de 250W; considerando adicionalmente que fueron las vías en las que se obtuvo el mejor rendimiento fotométrico de las simulaciones efectuadas.

La vía de análisis elegida, es la calle Pablo Neruda entre Av. General Artigas y Constancio Vigil, perteneciente a la parroquia Monay del cantón Cuenca (sector tras la Empresa Eléctrica). Las características geométricas de la vía seleccionada son:

- Distancia entre postes 36m
- Altura libre montaje 9m
- Número de carriles 3
- Ancho de la calzada 8m
- Veredas dos lados 1.5m
- Inclinación del brazo 15°
- Retranqueo -0.5m
- Calzada tipo R3 $q=0.07$
- Tipo de Vía M2
- Equipo medición: Luxómetro; Luminancímetro

En estas condiciones geométricas, se instalan las luminarias de vapor sodio de alta presión de 250W, se procede con las mediciones de la iluminancia y luminancia y se aplica el método de medición establecido en la norma “CIE N° 140-2000 ROAD LIGHTING CALCULATION”.

Figura 4. 14.- Mediciones de luminancia e iluminancia. Calle Pablo Neruda





Figura 4. 15.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (250W- Na)

MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS																																																																														
DIRECCIÓN		PABLO NERUDA Y GENERAL ARTIGAS																																																																												
FECHA		6 de abril de 2014																																																																												
OBSERVACIONES: Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio																																																																														
NORMA CIE.140-2000																																																																														
$flujo\ medio\ (f_m) = \left(\frac{\sum_n P_n}{\# puntos} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$ $Uniformidad\ (U_o) = \frac{Flujo\ minimo}{\left(\frac{\sum_n P_n}{\# puntos} \right)} = \frac{Flujo\ minimo}{f_m} (\%)$ <p>si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila</p> <table border="1" style="width:100%; font-size: small;"> <tr> <td>Donde:</td> <td>P_n</td> <td>numero de puntos que se considera en la matriz</td> </tr> <tr> <td></td> <td>T_i</td> <td>deslumbramiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td>f_m</td> <td>flujo medio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>U_o</td> <td>uniformidad media</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>flujo minimo= Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones</td> </tr> </table>							Donde:	P _n	numero de puntos que se considera en la matriz		T _i	deslumbramiento		f _m	flujo medio		U _o	uniformidad media			flujo minimo= Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones																																																									
Donde:	P _n	numero de puntos que se considera en la matriz																																																																												
	T _i	deslumbramiento																																																																												
	f _m	flujo medio																																																																												
	U _o	uniformidad media																																																																												
		flujo minimo= Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones																																																																												
		LUMINARIA		TIPO		POTENCIA																																																																								
		SODIO				250W																																																																								
		ESTADO																																																																												
		NUEVA, 100 HORAS DE USO																																																																												
DISTANCIA ENTRE POSTES					36m																																																																									
ALTURA DE MONTAJE					9m																																																																									
TIPO DE CALZADA					CLARO: R1; Q=0,10																																																																									
NUMERO DE CARRILES					UNO																																																																									
ANCHO DE CALZADA					8																																																																									
VEREDAS					A LOS DOS LADOS 1,5m																																																																									
EQUIPO UTILIZADO					MODELO																																																																									
LUMINANCIMETRO																																																																														
LUXOMETRO																																																																														
TIPO DE VIA					M2																																																																									
DATOS MEDIDOS		cd/m²			LUXES																																																																									
N° POSTE D= 36m N° POSTE																																																																														
	<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>1,72</td><td>2,31</td><td>2,95</td></tr> <tr><td>1,73</td><td>1,94</td><td>2,61</td></tr> <tr><td>1,75</td><td>1,8</td><td>2,53</td></tr> <tr><td>1,62</td><td>1,77</td><td>2,4</td></tr> <tr><td>1,49</td><td>1,89</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>1,52</td><td>1,9</td><td>2,55</td></tr> <tr><td>1,41</td><td>1,88</td><td>2,6</td></tr> <tr><td>1,59</td><td>1,74</td><td>2,6</td></tr> <tr><td>1,67</td><td>2,06</td><td>2,7</td></tr> <tr><td>1,88</td><td>1,1</td><td>2,85</td></tr> <tr><td>1,8</td><td>2,8</td><td>2,95</td></tr> <tr><td>1,84</td><td>2,89</td><td>3,11</td></tr> </table>			1,72	2,31	2,95	1,73	1,94	2,61	1,75	1,8	2,53	1,62	1,77	2,4	1,49	1,89	2,5	1,52	1,9	2,55	1,41	1,88	2,6	1,59	1,74	2,6	1,67	2,06	2,7	1,88	1,1	2,85	1,8	2,8	2,95	1,84	2,89	3,11	<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr><td>38,78</td><td>47,1</td><td>46,7</td></tr> <tr><td>30,38</td><td>40,7</td><td>39,4</td></tr> <tr><td>21,4</td><td>28,66</td><td>30,9</td></tr> <tr><td>14,62</td><td>18,79</td><td>19,76</td></tr> <tr><td>11,96</td><td>13,24</td><td>13,95</td></tr> <tr><td>10,9</td><td>11,97</td><td>12,7</td></tr> <tr><td>11,24</td><td>12,93</td><td>13,86</td></tr> <tr><td>14,26</td><td>15,75</td><td>17,46</td></tr> <tr><td>18,88</td><td>21,34</td><td>22,94</td></tr> <tr><td>24,19</td><td>27,85</td><td>29,6</td></tr> <tr><td>34,22</td><td>41,6</td><td>44,9</td></tr> <tr><td>37,7</td><td>44,7</td><td>49,7</td></tr> </table>			38,78	47,1	46,7	30,38	40,7	39,4	21,4	28,66	30,9	14,62	18,79	19,76	11,96	13,24	13,95	10,9	11,97	12,7	11,24	12,93	13,86	14,26	15,75	17,46	18,88	21,34	22,94	24,19	27,85	29,6	34,22	41,6	44,9	37,7	44,7	49,7
	1,72	2,31	2,95																																																																											
	1,73	1,94	2,61																																																																											
	1,75	1,8	2,53																																																																											
	1,62	1,77	2,4																																																																											
	1,49	1,89	2,5																																																																											
	1,52	1,9	2,55																																																																											
	1,41	1,88	2,6																																																																											
	1,59	1,74	2,6																																																																											
	1,67	2,06	2,7																																																																											
	1,88	1,1	2,85																																																																											
	1,8	2,8	2,95																																																																											
	1,84	2,89	3,11																																																																											
38,78	47,1	46,7																																																																												
30,38	40,7	39,4																																																																												
21,4	28,66	30,9																																																																												
14,62	18,79	19,76																																																																												
11,96	13,24	13,95																																																																												
10,9	11,97	12,7																																																																												
11,24	12,93	13,86																																																																												
14,26	15,75	17,46																																																																												
18,88	21,34	22,94																																																																												
24,19	27,85	29,6																																																																												
34,22	41,6	44,9																																																																												
37,7	44,7	49,7																																																																												
1,33 2,67 2,67 1,33			1,33 2,67 2,67 1,33																																																																											
Flujo medio F_m =		2,124 cd/m ²			Fujo medio F_m =		25,97 Luxes																																																																							
Uniformidad U_o =		51,80%			Uniformidad U_o =		41,97%																																																																							
Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral T_l (%)	Relación de alrededor SR	CUMPLE																																																																							
	Seco		Mojado																																																																											
M2	F_m	u_o	U_l	U_o	10	0,5																																																																								
	1,5	0,4	0,7	0,15																																																																										

De los resultados de las mediciones fotométricas, se determina que las luminarias de vapor de sodio de 250W, cumplen la regulación vigente para la vía catalogada como M2 (2,124 Cd/m²; 25,87 lx).



Posteriormente, bajo las mismas condiciones geométricas de la vía, se cambian los equipos de sodio por luminarias led (Green Star; 72 led; 164W) y (Blusens, 80W), se procede con las mediciones fotométricas de iluminancia y luminancia, las mismas que se describen en las siguientes figuras.

Figura 4. 16.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (Led 164W)

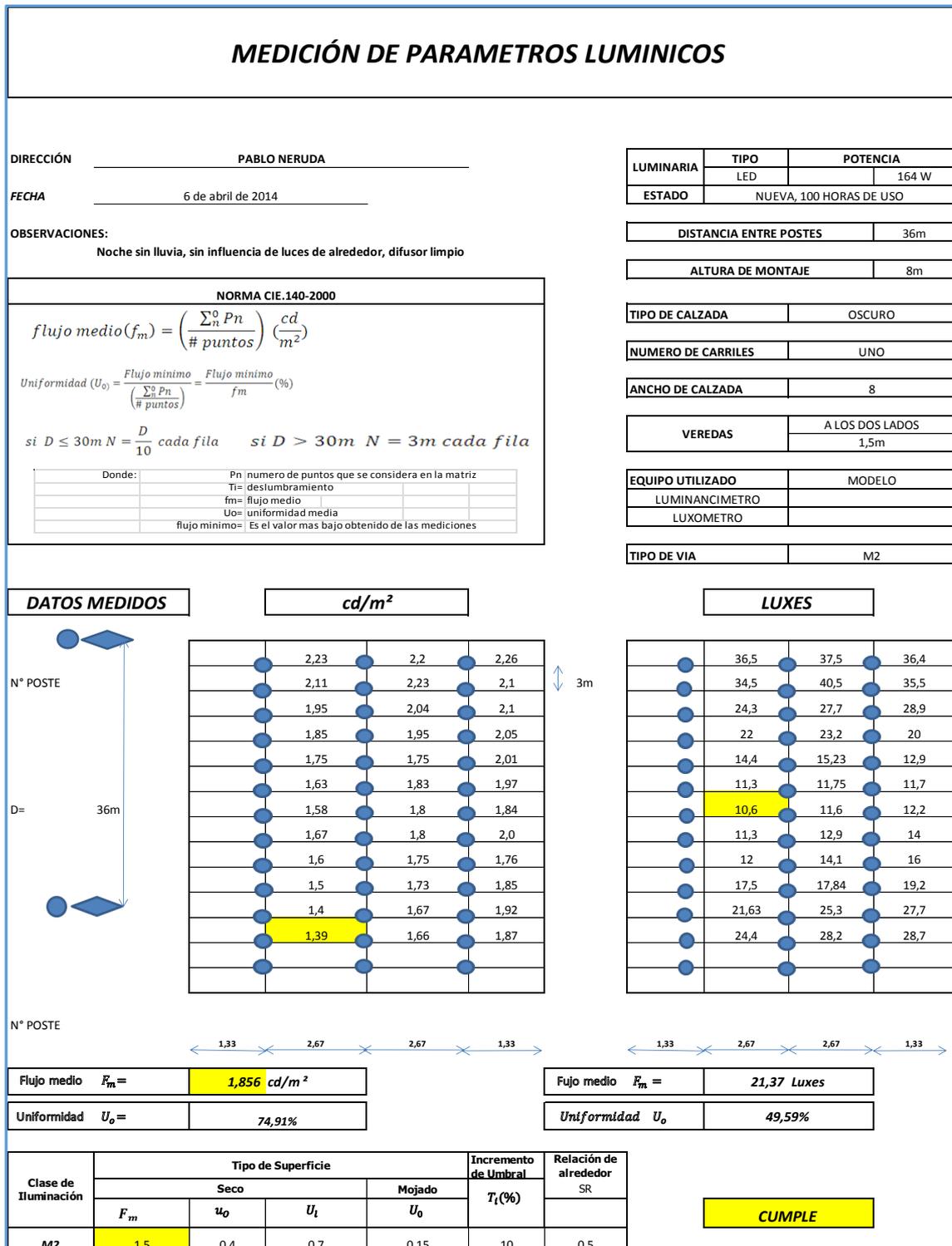
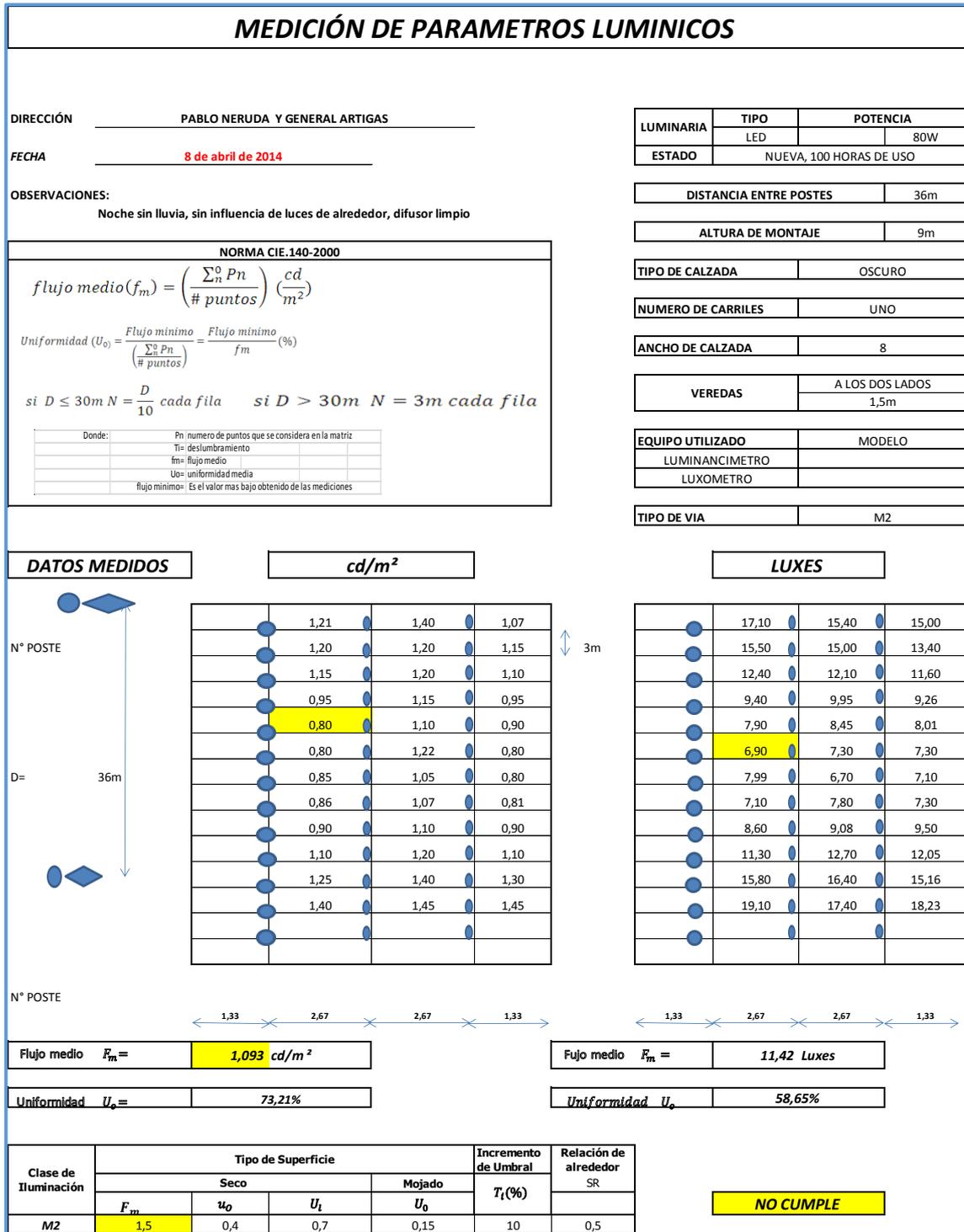




Figura 4. 17.- Mediciones fotométricas. Calle Pablo Neruda (Led 80W)



En conclusión de las mediciones efectuadas en esta vía con las luminarias led, podemos decir: que para el caso de la potencia de 164W, el resultado obtenido de 2,124 cd/m², y de iluminancia 25,97 lux, cumple con la regulación vigente. Entre tanto para la potencia de 80W, la luminancia de 1,093 cd/m², y la



iluminancia de 11,42 lux, no cumplen con la regulación, sin embargo en los dos casos, los resultados son menores a los obtenidos con las luminarias de vapor de sodio de 250W, cuyo consumo total incluido los accesorios (balastro, inictor y condensador) es de 284W.

Con estos resultados y aprovechando que la tecnología led tiene la particularidad de que su eficacia [lm/w], es lineal, se realiza un cálculo simple de la equivalencia en potencia led, para remplazar en este caso a las luminarias de sodio de 250W, cuyo detalle se adjunta en la siguiente tabla.

Tabla 4. 26.- Resultados de equivalencia de potencia Sodio vs Led

Equivalencia de potencias Sodio Vs. Led					
Tipo	Dato	sodio	led	sodio	led
M2	W	250	164	250	80
	Total W	284	164	284	80
	cd/m ²	2,124	1,856	2,124	1,093
	%	87%		51%	
	lux	25,97	21,37	25,97	11,42
	%	82%		44%	
	Potencia Equivalente Led	199			182
% de ahorro		30%		36%	
Ahorro Promedio		33%			

Nota: Para la potencia equivalente, se calcula con el menor porcentaje obtenido (Ix)

Como conclusión de todos los análisis efectuados podemos citar que el cambio de las fuentes de luz de vapor de sodio por luminarias de tecnología led, manteniendo el mismo nivel de iluminancia y luminancia en las vías tipo, se obtiene con potencias menores de alrededor del 33%. Es decir para el caso de estudio, la luminaria led que remplaza a las de vapor de sodio de 250W (consumo total 284W), sería una luminaria de 190W, incluido el consumo de



elementos, específicamente el driver. En la tabla 4. 27, se resume los cambios propuestos.

Con el porcentaje obtenido del ahorro promedio del 33%, se calcula el reemplazo de las potencias equivalentes de vapor de sodio a luminarias led. El resultado obtenido se compara y se establecen las nuevas potencias equivalentes de tecnología led, en función del mercado comercial de estos equipos. Detalle que se registra en la siguiente tabla.

Tabla 4. 27.- Equivalencia de potencias Sodio Vs Led

Potencia nominal	Potencia de ahorro Sodio Vs Led			
	100W	150W	250W	400W
Potencia total [W]	117	174	284	440
Potencia Led (Ahorro promedio 33%)	78	117	190	295
Potencia Led (Comercial)	86	125	195	296
% Ahorro	0,26	0,28	0,31	0,33
Promedio de ahorro	30%			

El análisis concluye: que el ahorro de la potencia instalada por el cambio tecnológico de vapor de sodio a luminarias led, manteniendo los mismos niveles de iluminancia y luminancia en las vías tipo, representa actualmente un **porcentaje de ahorro del 30%**.

CAPITULO V

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ALUMBRADO PÚBLICO

5.1.- Situación actual del alumbrado público en el Ecuador

En este apartado, se presenta la situación actual en la que se encuentra el alumbrado público en el Ecuador, a través del establecimiento de varios indicadores estadísticos, tanto nacionales, como regionales; los mismos que han sido obtenidos del sistema informático SISDAT del CONELEC, con corte al 31 de diciembre de 2013, en ciertos casos; y, para otros, al 31 de Julio/2014, entre los cuales mencionamos los siguientes:

Facturación (Usd.) de energía (GWh)

Se muestra en el siguiente cuadro, los valores anuales de la energía facturada del país por tipo de consumo, donde podemos observar que la variación de la totalidad de la energía facturada entre los años 2012 y 2013 fue del 5,55%, así mismo, el promedio de la energía facturada correspondiente al alumbrado público en el período 2010 – hasta julio del 2014, fue del 5,67%.

Tabla 5. 1.- Energía facturada por tipo de consumo periodo 2010-2014

FACTURACIÓN EN GWh.							
Sectores de Consumo	Total	Residencial	Comercial	Industrial	Otros	Alumbrado	Variación
2010	14.076,61	5.114,18	2672,33	4416,76	1.061,30	812,03	6,50%
		36,33%	18,98%	31,38%	7,54%	5,77%	
2011	15.248,80	5.350,95	2955,82	4797,85	1.261,22	882,97	8,33%
		35,09%	19,38%	31,46%	8,27%	5,79%	
2012	16.174,89	5.628,67	3209,49	5012,48	1.411,18	913,08	6,07%
		34,80%	19,84%	30,99%	8,72%	5,65%	
2013	17.072,49	5.881,39	3486,02	5013,34	1.728,01	963,73	5,55%
		34,45%	20,42%	29,37%	10,12%	5,64%	
2014	10.669,63	3.762,54	2193,34	3089,45	1.036,43	587,86	7,14%
		35,26%	20,56%	28,96%	9,71%	5,51%	
Promedio						5,67%	

Fuente: Base de Datos – Estadísticas CONELEC; Jul-2014

http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?l=1&cd_menu=4227



Relación [CR/Li]

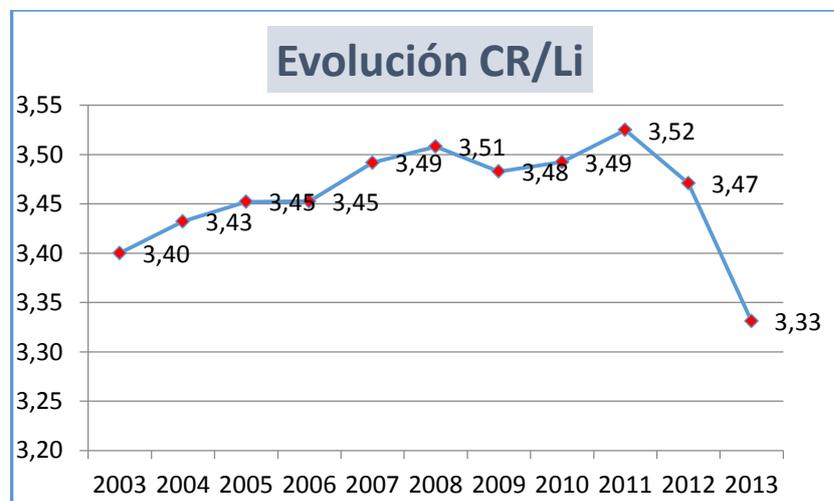
Otro de los indicadores que se deben considerar en los sistemas de alumbrado público, es la relación [CR/Li] “clientes residenciales sobre luminarias instaladas”, donde se puede observar que: el promedio registrado en el período 2003 – 2013, es de 3.46 clientes residenciales por luminarias instaladas, esto debido a que la tendencia de crecimiento de los clientes residenciales como de las luminarias instaladas ha sido constante. El indicador registrado del año 2013 corresponde a un valor $CR/Li = 3.33$, lo cual denota un decremento moderado, es decir, en este año el número de clientes creció más que el número de luminarias instaladas, cuyo detalle se registra en la siguiente tabla.

Tabla 5. 2.- Relación [CR/Li]: clientes residenciales por luminarias instaladas

Año	Cientes Residenciales (#)	Luminarias instaladas	CR/L _i
2003	2.454.627	721.904	3,40
2004	2.583.150	752.634	3,43
2005	2.691.757	779.727	3,45
2006	2.826.369	818.613	3,45
2007	2.948.585	844.423	3,49
2008	3.110.473	886.654	3,51
2009	3.288.798	944.260	3,48
2010	3.470.331	993.682	3,49
2011	3.675.992	1.042.876	3,52
2012	3.853.176	1.110.147	3,47
2013	4.010.640	1.204.002	3,33
PROMEDIO			3,46

Fuente: Estadísticas CONELEC, 14-abril-2014

Figura 5. 1.- Evolución de la relación [CR/Li] periodo 2003-2013



Relación [WAP/CR] Potencia Alumbrado Público/Clientes Residenciales

Otro indicador muy importante que se enlaza con el alumbrado público, es la relación entre la potencia instalada en los sistemas de alumbrado público y el número de clientes residenciales [WAP/CR], que para el análisis del período 2006 - 2013, corresponde a un valor promedio de 47,91W de iluminación por cada cliente residencial.

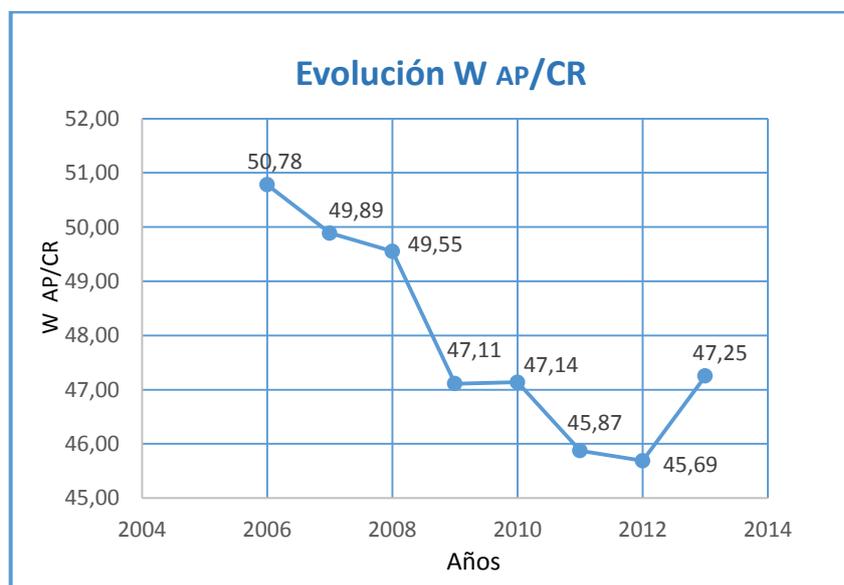
Tabla 5. 3.- Relación [W AP/CR]: potencia alumbrado público clientes residenciales

Año	Potencia alumbrado público (W)	Cientes residenciales (#)	W _{AP} /CR
2006	143.522.842	2.826.369	50,78
2007	147.102.169	2.948.585	49,89
2008	154.130.579	3.110.473	49,55
2009	154.936.803	3.288.798	47,11
2010	163.584.494	3.470.331	47,14
2011	168.633.032	3.675.992	45,87
2012	176.051.442	3.853.176	45,69
2013	189.518.000	4.010.640	47,25
PROMEDIO			47,91

Fuente: Base de Datos – Estadísticas CONELEC Jul-2014

http://www.conelec.gob.ec/enlaces_externos.php?!=1&cd_menu=4231

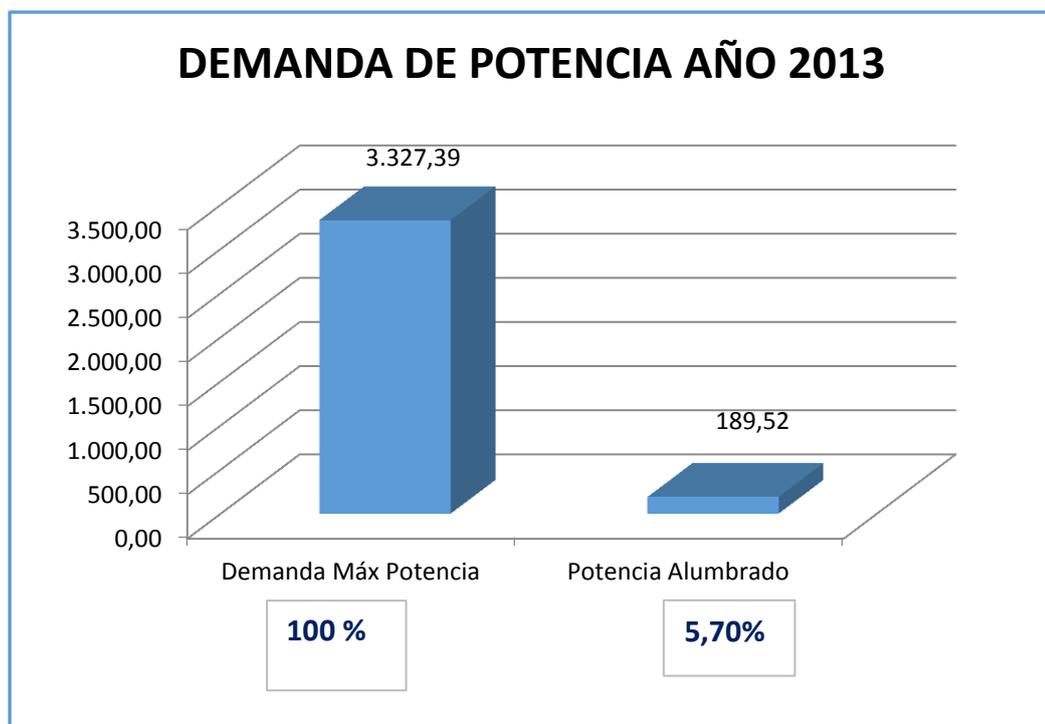
Figura 5. 2.- Evolución de la relación [WAP/CR] periodo 2003-2013



Demanda anual de Potencia

La demanda máxima de potencia del país en barras de generación del año 2013, alcanzó los 3.327,39 MW, de los cuales la potencia consumida por los sistemas alumbrado público corresponde a 189,518 MW, lo que significa que la demanda de potencia por alumbrado es del 5,70% de la demanda máxima del Sistema Nacional Interconectado (SNI).

Figura 5. 3- Demanda máxima de potencia (MW), año 2013



Precio medio de alumbrado público (USD c/kWh)

Para este indicador en particular, se ha considerado el precio medio anual del país, desde el período comprendido entre los años 2002 – 2014, cuyo valor promedio resultante es de 11.23 c/kWh de dólar. De igual forma de acuerdo con las estadísticas del CONELEC, se tiene que el precio medio correspondiente al año 2013 fue de 12.68 USD c/kWh; y, del año 2014 con corte al 31 de julio, de 12.70 USD c/kWh, lo que denota una ligera subida del precio por el consumo de alumbrado público de este periodo.

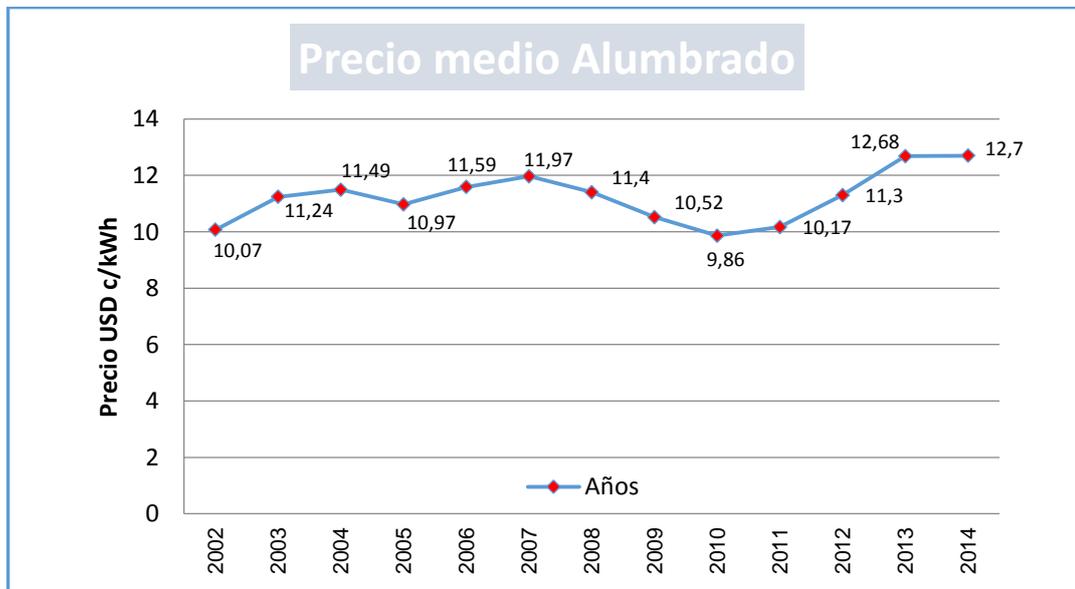
Tabla 5. 4.- Precios medios a clientes finales de distribuidoras (USD c/kWh)

Precio Medio por Grupo Consumo						
año	promedio	Industrial	Comercial	Alumbrado Público	Otros	Residencial
2002	8,07	6,61	8,16	10,07	8,37	8,66
2003	8,29	5,98	8,44	11,24	8,21	9,46
2004	7,97	4,82	8,01	11,49	7,72	9,83
2005	7,62	4,32	7,58	10,97	7,56	9,73
2006	7,53	4,05	7,55	11,59	7,31	9,77
2007	7,5	3,98	7,58	11,97	7,35	9,64
2008	7,59	4,49	7,82	11,40	7,08	9,36
2009	7,68	5,71	7,74	10,52	7,06	9,04
2010	7,77	6,12	7,85	9,86	5,86	9,22
2011	7,81	6	7,83	10,17	6,19	9,42
2012	7,95	5,99	7,84	11,30	6,38	9,6
2013	7,96	6,01	7,74	12,68	6,29	9,48
2014	8,8	7,16	8,92	12,70	7,14	9,97
Promedio				11,23		

Fuente: Base de Datos – Estadísticas CONELEC; Jul-2014

[http://sismo.conelec.gob.ec:8080/jpivot/STPivot?query=precio medio energia clientes finales anual&tipo=anual](http://sismo.conelec.gob.ec:8080/jpivot/STPivot?query=precio%20medio%20energia%20clientes%20finales%20anual&tipo=anual)

Figura 5. 4.- Evolución del Precio medio de alumbrado público 2002-2014





Tipo de Luminarias Instaladas

Se registra la cantidad de luminarias instaladas por empresa distribuidora y por tipo de fuente de luz, entre las que tenemos: fluorescentes, mercurio, incandescentes, sodio alta presión, reflectores, led y otras; determinándose que a diciembre del año 2013 se tuvo instalado en el país un total de 1'204.002 luminarias, de las cuales el 87.77% corresponden a luminarias de vapor de sodio, cuyo detalle se registra en el siguiente cuadro.

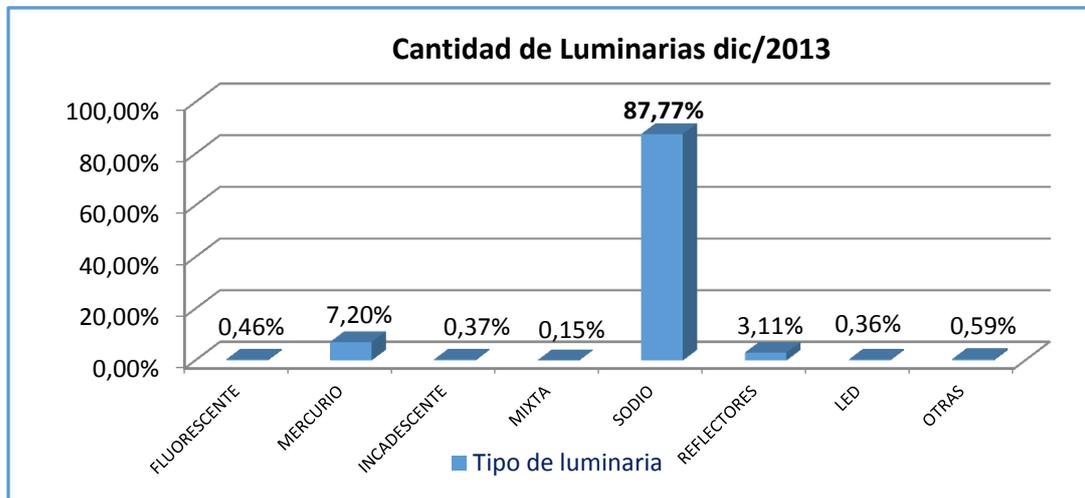
Tabla 5. 5.- Tipo de luminarias instaladas a dic/2013

EMPRESA ELÉCTRICA	TIPO DE LUMINARIA								TOTAL
	FLUOR ESCENTE	MERCURIO	INCANDESCENTE	MIXTA	SODIO	REFLECTORES	LED	OTRAS	
CNEL SUCUMBIOS		344			27.718	263		1.025	29.350
EE NORTE	471	7.661	56	567	55.964	1.543		599	66.861
CNEL ESMERALDAS		1.551	196	420	31.525	771			34.463
CNEL MANABI		11.243			85.574	1.922			98.739
EE QUITO		7.135	92		213.853	9.574	2.122		232.776
CNEL STO DOMINGO	891	4.087	203	338	30.140	147			35.806
EE COTOPAXI	459	8.532	481		22.445	2.965		399	35.281
EE AMBATO	1.026	10.715	88	437	60.617	674			73.557
EE RIOBAMBA		841			37.295			289	38.425
CNEL BOLIVAR		2.498	25		8.219	1.400			12.142
CNEL LOS RIOS		2.109			16.652				18.761
CNEL MILAGRO	20	755	146		32.770	1.969			35.660
CNEL GUAYAS LOS RIOS		2.593			59.719	782			63.094
CNEL SANTA ELENA		2.634			38.496	653			41.783
ELECTR. GUAYAQUIL	1.091	16.838	1.985		130.244	9.115			159.273
CNEL EL ORO		1.996	752		63.289	2.267	1.231	1.576	71.111
EE AZOGUES	279	254	61		10.344	645	273		11.856
EE CENTROSUR		2.469			89.443	1.968	632	1.286	95.798
EE SUR	22	2.403	387	61	41.332	685		1.657	46.547
EE GALAPAGOS	1.250	7			1.076	55	26	305	2.719
TOTAL	5.509	86.665	4.472	1.823	1.056.715	37.398	4.284	7.136	1.204.002

FUENTE: Sistema informático SISDAT del CONELEC; corte a dic/2013

Figura 5. 5.- Resumen del tipo de fuentes de luz instaladas a dic/2013

FLUORESCENTE	MERCURIO	INCANDESCENTE	MIXTA	SODIO	REFLECTORES	LED	OTRAS	TOTAL
5.509	86.665	4.472	1.823	1.056.715	37.398	4.284	7.136	1.204.002
0,46%	7,20%	0,37%	0,15%	87,77%	3,11%	0,36%	0,59%	100,00%



De los datos estadísticos analizados, se puede concluir que en el país existe un alto potencial de ahorro energético correspondiente a los sistemas de alumbrado público, tanto en potencia, como en energía, al tratar de sustituir las fuentes convencionales de vapor de sodio (**87.77%**) y otras tecnologías, por luminarias que brinden las mismas o mejores prestaciones lumínicas (Iluminancia y Luminancia), pero de menor consumo de potencia (**30% menor**) y energía, tal es el caso de las luminarias led analizadas en el capítulo anterior. A continuación se presenta un resumen de los principales datos técnicos del alumbrado público del país:

Tabla 5. 6.- Principales datos del alumbrado público del año 2013

DATOS TÉCNICOS ALUMBRADO AÑO 2013		
Demanda SNI.(MW)	3.327,39	
Demanda Alumbrado (MW)	189,52	5,70%
Energía SNI. (GWh)	17.072,49	
Energía Alumbrado (GWh)	963,73	5,64%
Precio medio USD c/kWh	12,68	
Facturación USD.	122.143.880	
Luminarias instaladas	1.204.002	



5.1.1.- Mejora de la Curva de Carga

El análisis considera la hipótesis de sustituir luminarias de vapor de sodio por luminarias led de menor potencia (ahorro del 30%), y que el alumbrado público permanezca encendido durante 4 horas del período pico del sistema y 8 horas del período de demanda base, es decir, 12 horas por día.

En consideración de la hipótesis planteada, la sustitución de luminarias permitiría estimar el ahorro energético derivado del cambio de las fuentes de luz, con respecto de: potencia equivalente, flujo luminoso, rendimiento de color, entre otros; con lo cual se obtendría un ahorro en potencia instalada imputable a los sistemas de alumbrado público del país de 56,85 MW, el mismo que en función de las 12 horas de funcionamiento, se conseguiría un ahorro energético de 289,12 GWh/año.

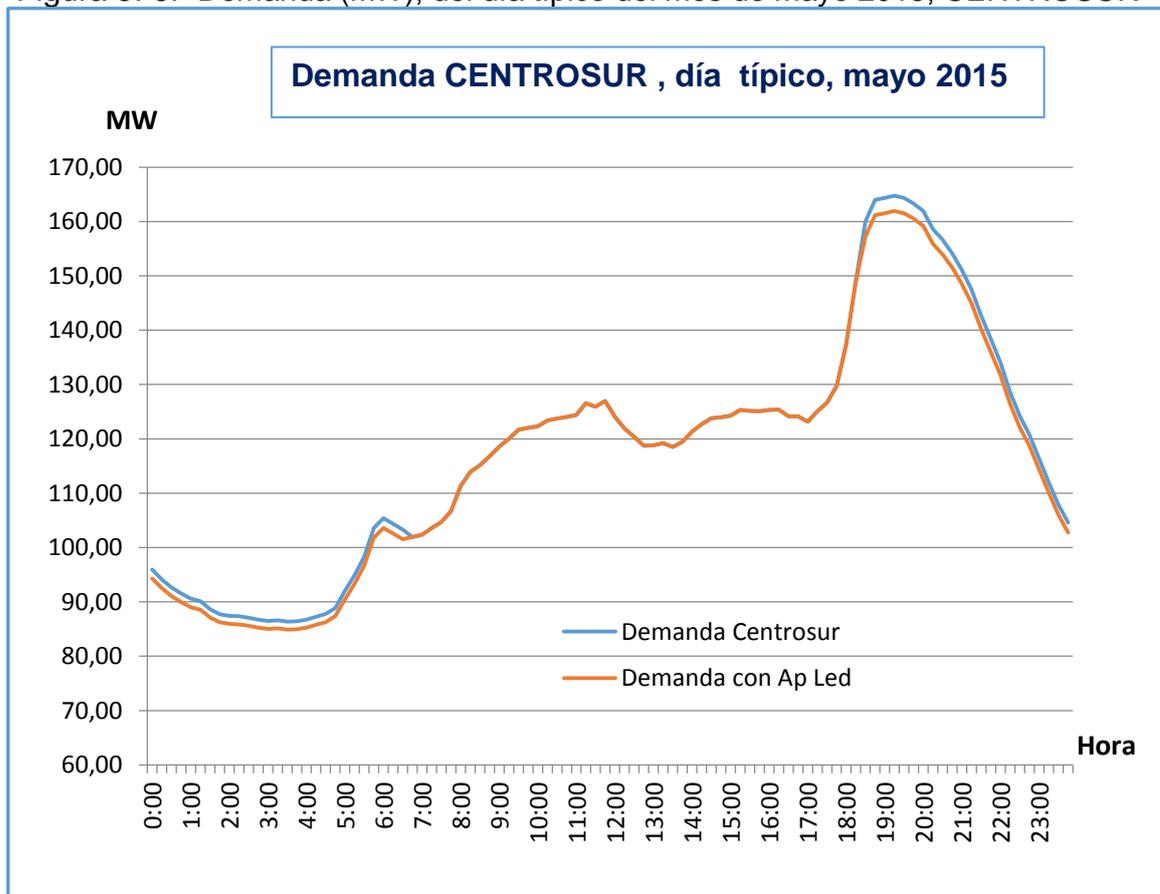
Con las reducciones planteadas, se mejoraría las curvas de carga de demanda y energía del país, resultando muy favorable, debido a la reducción de la generación en el período de horas pico. En consideración del costo del servicio de alumbrado, se obtendría un ahorro global ponderado anual cercano a los \$ 36'660.416 USD. En la siguiente tabla, se presenta un resumen de la posible variación de la potencia, energía y de los costos imputables al cambio global de las fuentes de luz de vapor de sodio por luminarias led.

Tabla 5. 7.- Variaciones de potencia y energía por cambio de fuentes de luz

Datos Alumbrado Año 2013			Ahorro 30%
Demanda SNI.(MW)	3.327,39		
Demanda Alumbrado (MW)	189,52	5,70%	56,85
Energía SNI. (GWh)	17.072,49		
Energía Alumbrado (GWh)	963,73	5,64%	289,12
Precio medio USD c/kWh	12,68		
Facturación USD.	122.143.880		36.660.416

En la siguiente figura, se presenta la posible variación de la curva de demanda de un día típico del mes de mayo de 2015 del sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A., en la misma se ha considerado los aspectos antes indicados, cuyo detalle se registra en el Anexo N° 7.

Figura 5. 6.- Demanda (MW), del día típico del mes de mayo 2015, CENTROSUR



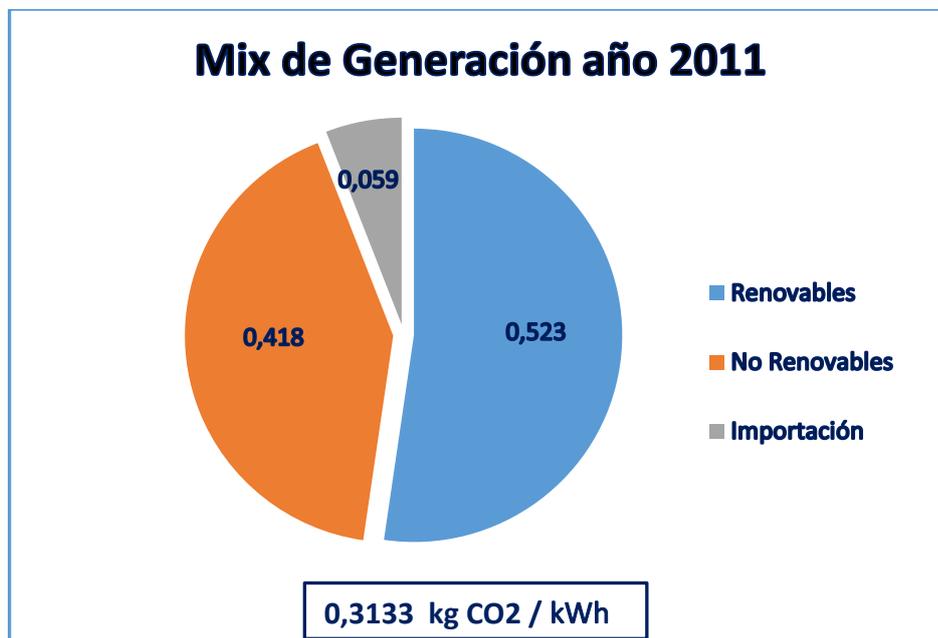
5.1.2.- Reducción de emisión de Dióxido de Carbono (CO₂)

La generación mediante combustibles fósiles produce la emisión de contaminantes del aire y de gases de efecto invernadero, cuya magnitud depende de la matriz o mix de generación eléctrica de cada país. Para el caso del Ecuador, el valor más reciente del factor de emisión de CO₂ por el consumo de electricidad que se utiliza en los cálculos (Kg de CO₂ equivalente/kWh), se basa en el análisis en la información pública por el CONELEC correspondiente al año 2011, que muestra un factor de emisión ponderado de 0,3133 kg CO₂ / kWh, el mismo que representa un promedio

ponderado de emisiones de dióxido de carbono (kg CO₂ equivalente/kWh) de todas las fuentes de generación que sirven al sistema, excluyendo la generación de hidroelectricidad, eólica y solar.

En el año de análisis, los porcentajes de participación del mix de generación del país fueron del: 52.3 % para las fuentes renovables, 41.8 % no renovables (combustibles fósiles) y 5.9 % de la importación de energía.

Figura 5. 7.- Componente de Generación año 2011



Determinado el factor de emisión (0,3133 kg CO₂ / kWh), se calcula la reducción de las toneladas de dióxido de carbono al ambiente, debido a la disminución de la energía, producto del probable ahorro por el cambio de las fuentes de luz convencionales por las luminarias led, con lo cual se estaría evitando una contaminación global de 956 toneladas de CO₂ por año.

Se realiza un análisis de sensibilidad de la contaminación ambiental en función del porcentaje de cambio de las fuentes de luz, el mismo que va desde un porcentaje total del 100% hasta un valor de cambio moderado de un 10%, que



corresponde a una contaminación evitada de 95,6 toneladas de CO2 por año, cuyo detalle se registra en el siguiente cuadro.

Tabla 5. 8.- Reducción de CO2 al medio ambiente por cada kW ahorrado

FACTURACIÓN EN MWh / año	ALUMBRADO (Vapor de sodio)	ALUMBRADO LED (30 % ahorro)	Ahorro MWh / año	[%] Cambio	Kg. CO2 MENOS EN EL AMBIENTE 3,114 Kg CO2/ MWh
2014	* 1.023.340	716.338	307.002	100%	956.004
				80%	764.803
				40%	382.402
				20%	191.201
				10%	95.600
TONELADAS MENOS DE CO2					956 --- 95,6

*FUENTE:http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/doc_10525_MultianualSectorElctricoEcuatoriano2005-2014.pdf

5.2.- Alumbrado público con luminarias Led

El análisis de los sistemas de alumbrado público del país con tecnología led, tiene por objeto presentar las principales características de estos equipos en la aplicación de alumbrado, frente a las luminarias convencionales, considerando: terminología; ventajas; desventajas; tendencias futuras; aplicaciones en el alumbrado y otras. Además se realizará un análisis comparativo técnico-económico, entre el alumbrado público convencional con luminarias de vapor de sodio vs la utilización de las fuentes de iluminación led.

5.2.1.- Ventajas

Entre las principales ventajas de los sistemas de iluminación led, se encuentran las siguientes:



- Los diferentes dispositivos para alumbrado público, ornamental o señalización basados en led, rápidamente están convirtiéndose en la tecnología de iluminación del futuro, dado que tienen mejores prestaciones que las fuentes de luz convencionales hasta ahora utilizados, siendo su principal ventaja el ahorro de energía y una notable reducción de costos de mantenimiento y operación, además, son compactos, de fácil instalación, larga vida, no son frágiles ni poseen partes móviles y pueden generar colores más puros por su alto índice de reproducción de color (CRI: 80-90%).
- Haz de luz direccional, permite dirigir la luz donde se la necesita y reducir la contaminación luminosa, logrando alta eficiencia lumínica, contrario de las luces convencionales (sodio, mercurio), que dispersan la luz en todas direcciones.
- Bajo consumo energético, en la iluminación de interiores, una bombilla led de 6W, logra el mismo efecto de una convencional incandescente de 40W, lo que se traduce en una reducción del consumo energético de hasta un 80% frente a las bombillas convencionales.
- Resistencia al impacto, al no usar vidrio ni filamentos, son resistentes a la vibración.
- Encendido instantáneo, las fuentes led no necesitan de una etapa de calentamiento ni de excitación previa.
- Ciclos de encendido rápido, a diferencia de otras fuentes, la vida útil del led no se ve afectada por los encendidos y apagados cíclicos constantes.
- Ausencia de emisiones, los led no emiten ningún tipo de radiación infrarroja o ultravioleta.
- Vida útil elevada, superior a las 100.000 horas frente a las 15.000 horas de una luminaria convencional de vapor de sodio o a las 5.000 horas de las halógenas.
- Funcionan con corriente continua en vez de alterna, lo que minimiza los riesgos de electrocución.



- Versátiles, el reducido tamaño de los led, sumado a su extensa gama de colores, permiten disponer de ilimitadas posibilidades de diseño y aplicación.
- No cambian la tonalidad de color con el envejecimiento del conjunto lumínico, tampoco deterioran al elemento óptico “refractor”, al no emitir radiaciones.
- Su funcionamiento o eficacia lumínica mejora con las bajas temperaturas.
- Fuentes de luz dinámica, al ser dispositivos semiconductores, mediante la electrónica permiten la regulación por modulación de pulso.
- No emiten señales de interferencia (no contienen balastos que interfieren con las señales de radio y TV).
- Luz invisible para la mayoría de los insectos.
- Lentes refractivas (Cambio de dirección al pasar de un material a otro).
- Son dispositivos que han logrado que en el mismo equipo se disponga de fiabilidad, seguridad, economía y durabilidad.
- Actualmente se convierte en un campo de investigación y desarrollo, encaminada hacia una mejora de sus características lumínicas y estructurales. Al ser una tecnología en constante evolución, permite el desarrollo y la investigación.

5.2.2.- Desventajas

Los equipos led tienen algunas desventajas en su funcionamiento, entre las que podemos citar:

- Elevada disipación de calor, y más aún una luminaria (conjunto de led), requiere de dispositivos disipadores.
- Necesitan de fuentes de alimentación continua estabilizadas, lo cual eleva su precio.



- Al ser un elemento semiconductor o carga no lineal, introduce armónicos a la red, por lo que requieren de filtros
- Son dispositivos semiconductores que funcionan con corriente continua a tensiones entre 1 y 3V, por lo que tienen un consumo adicional entre 8% - 15 %, debido a la fuente de alimentación “driver”.
- Son sensibles al calor y a las conexiones e instalaciones mal realizadas, lo que reduce considerablemente su vida útil.
- La luz blanca (6000 °K) puede tener un alto contenido de luz azul que está asociada al deterioro de la retina en personas de edad avanzada.
- Angulo y dirección de iluminación estrecho, siendo necesario la colocación de lentes reflectores para abrir el haz de luz emitida.
- En potencia, el tamaño y el peso de las luminarias led debido a los dispositivos de disipación del calor, no permite un fácil montaje.
- El conjunto de led necesarios para formar una luminaria, está constituido por varios arreglos, los mismos que deben tener características fotométricas equivalentes Binning (Clasificación del led después del proceso de producción según el color, flujo y tensión directa), caso contrario se corre el riesgo de tener mezcla de colores en el mismo equipo.
- No facilita el mantenimiento, al dañarse un led o varios, no es posible su cambio, se debe reemplazar toda la fila si el equipo lo permite o sula placa integra.
- La eficiencia de la luz blanca todavía es inferior a las fuentes de descarga.
- La duración y eficiencia de los componentes electrónicos varía con la temperatura.

5.2.3.- Aplicaciones

Entre las principales aplicaciones en iluminación con tecnología led podemos mencionar:



a) Iluminación general

Su bajo consumo, contaminación, calidad de la luz, eficacia y larga duración, hacen que los led sean empleados en reflectores de alta potencia, luminarias de escritorio, jardines, patios y piletas, etc., incluyendo la iluminación led mediante la utilización de energía solar, en lugares donde no existen redes de distribución eléctrica.

Publicidad y decoración

Led de colores, arreglos de leds, pantallas planas de led de alta definición para interiores o exteriores, pantallas para mensajes móviles, tiras flexibles de iluminación, luces de contorno para carteles o edificios, tubos de color, luces para murales, arreglos led RGB (rojo; verde; azul), unido a una gran variedad de controladores, hacen que la iluminación en publicidad, cartelería y decoración, tomen una nueva perspectiva al disminuir las limitaciones de las fuentes convencionales.

Industria automotriz

Empleado en la iluminación del interior e indicadores del tablero de los vehículos. Debido a los recientes desarrollos de los dispositivos led de alto brillo, han posibilitado su uso en la iluminación exterior de los vehículos, luces bajas, altas y antiniebla; la tecnología led presenta mayor flexibilidad de diseño en la industria automotriz.

b) Iluminación pública

En este caso, la tecnología led, incluye el remplazo de las luminarias del alumbrado vial existentes de vapor de mercurio o de sodio; así como en la iluminación de túneles y subterráneos; señales de tráfico; semáforos vehiculares y peatonales; luces de alerta; etc. Hoy en día en el mercado, existe una amplia línea de productos led orientados a la señalización de emergencias, balizamiento y seguridad donde se requiere disponer de alta visibilidad.



c) Alumbrado del futuro

- Se requiere de equipos de tamaño reducido; mayor eficiencia y duración; posibilidad de reducción del flujo luminoso según las necesidades; luz blanca que se adapta mejor a la sensibilidad del ojo.
- La geometría optimizada del led, admite una ubicación más precisa dentro del reflector.
- La electrónica permite componentes más económicos y de menor consumo energético y su incorporación en la administración y telegestión de los sistemas de alumbrado.
- Mayor iluminación con menor consumo energético.
- Reflectores con alto coeficiente de reflexión basada en la tecnología multicapas.
- Reducción del espacio.
- Incremento de la eficiencia lumínica [lum/W].

5.2.4.- Aplicaciones Led a sistemas de alumbrado público

La iluminación led está rápidamente convirtiéndose en la tecnología de iluminación del futuro, debido a sus prestaciones energéticas y a su notable reducción de los costos de operación y mantenimiento.

Entre las principales características generales que se deben considerar en los sistemas de iluminación están:

- a) **Costo Inicial.**- Las luminarias led en comparación con las de fuentes convencionales (Sodio - Mercurio), es alto, debido a que la tecnología aún es nueva, en fase de desarrollo y comercialización incipiente.
- b) **Costo Operacional.**- Sin considerar el costo del equipamiento o de la luminaria, la gran longevidad de los led, permite que los costos globales sean comparables con los sistemas convencionales.
- c) **Instalación.**- Los modelos de luminarias led del mercado, no difieren mayormente de las luminarias convencionales instaladas.

- d) **Normativa.-** Al momento existe en el país la normativa establecida por el MEER “REVISIÓN 01”, de fecha 16 de octubre de 2014, la misma que debe ser constantemente actualizada debido a que estos equipos están en evolución y desarrollo permanente. Sin embargo algunos fabricantes serios de productos led a nivel mundial, como: Cree, Lumileds, Nichia, Osram, Edison, Samsung, disponen de sus propias normas para la construcción de led y drivers, pero no así como equipo global de iluminación (luminaria), razón de la presente investigación.

Figura 5. 8.- Luminaria Led ENYTEL, modelo PET 192OH; 154W



5.3.- Evaluación Técnica - Económica

La constante creciente de la demanda energética del país, unido a la necesidad de optimizar los sistemas de distribución eléctrica, entre las cuales está el alumbrado público, ha provocado que surjan nuevos emprendimientos relacionados con la eficiencia energética. Convirtiéndose estos en factores determinantes que impulsan a las empresas del sector eléctrico a buscar nuevas formas de satisfacer estas necesidades y al mismo tiempo que se pueda generar rentabilidad o al menos evitar pérdidas en la inversión de los proyectos planteados.



Uno de los indicadores determinantes para la decisión de emprender nuevos proyectos, es el resultado de la evaluación técnica-económica, la misma que se realiza mediante el análisis conjunto de la valoración y cuantificación de los posibles ingresos y egresos basados en los estudios previos. El análisis de sensibilidad de las probables variaciones de las magnitudes financieras más importantes, sirven para demostrar la viabilidad o no de implementar los proyectos.

5.3.1.- Proyecto Piloto

Demostrada la factibilidad de cambiar en el país las fuentes de luz convencionales por fuentes led de mayor eficiencia lumínica, se plantea un proyecto piloto de análisis, el mismo que consiste en la sustitución de 1000 luminarias de vapor de sodio de 250W por luminarias led de 200W. Equipos que presentan iguales o mejores prestaciones de acuerdo con lo demostrado en la presente investigación.

En cuanto a la evaluación financiera del proyecto piloto, se determina el Valor Actual Neto (VAN) para cada caso (sodio y led), el mismo que nos permite comparar los costos incurridos en cada tecnología y así determinar las bondades financieras de la implementación o no del proyecto.

Supuestos Financieros

Los parámetros utilizados para la evaluación financiera de la implementación del proyecto, considera lo siguiente:

- Tasa de descuento: igual al 12%, la misma que corresponde a la tasa dispuesta por el CONELEC, hoy ARCONEL, para los estudios de los proyectos eléctricos del sector de la distribución.
- Vida del proyecto: se considera una vida útil de 15 años en función de los accesorios de la luminaria led (driver y led). Para el caso de las



luminarias de vapor de sodio, se suponen recambios de los elementos hasta igualar la vida útil propuesta.

- Costos de alumbrado: considera los costos de la energía consumida por los sistemas de alumbrado público con equipos de sodio y led.
- Inflación: en función de las estadísticas de los años anteriores, se estima una media ponderada anual del 8% para el costo de operación y mantenimiento y del 4% para los costos de los materiales.
- Los costos de operación y mantenimiento: resultante de la diferencia de los procesos de mantenimientos actuales con luminarias de vapor de sodio vs los costos mantenimiento de las nuevas luminarias led. El análisis de tiempos y costos incurridos en el mantenimiento, corresponden a los obtenidos por el investigador de los sistemas de alumbrado público de la CENTROSUR, cuyo detalle se registra en el Anexo N° 8.

Tabla 5. 9.- Resumen de tiempos empleado en las tareas de mantenimiento

ALUMBRADO PÚBLICO CON LEDS, ANÁLISIS TÉCNICO – ECONOMICO.													
			MICROMOVIMIENTOS										
			1			2			9				
FECHA:			15/03/2014			15/03/2014			15/03/2014				
LUGAR:			AV HURTADO DE MENDOZA			AV HURTADO DE MENDOZA			AV HURTADO DE MENDOZA				
CLIMA:			SOLEADO			SOLEADO			SOLEADO				
RECURSO A			MIGUEL PAREDES			MIGUEL PAREDES			MIGUEL PAREDES				
RECURSO B			FELIX LOJA			FELIX LOJA			FELIX LOJA				
RECURSO C													
			MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 9			Promedio	TIEMPO
N°	ACTIVIDAD	Tiempo Unitario [min]	Inicio	Fin	TOTAL	Inicio	Fin	TOTAL	Inicio	Fin	TOTAL		
1	CAMBIO DE FOCO		0:01:44	0:04:40	02:56	0:02:32	0:05:30	02:58	0:02:17	0:05:16	02:59	02:55	03:00
2	CAMBIO DE BALASTRO		0:02:32	0:12:30	09:58	0:11:30	0:19:40	08:10	0:21:01	0:30:30	09:29	09:09	09:00
3	CAMBIO DE IGNITOR		0:01:44	0:06:50	05:06	0:03:15	0:07:54	04:39	0:01:16	0:06:32	05:16	04:59	05:00
4	CONDENSADOR		0:30:52	0:35:40	04:48	0:01:16	0:09:32	08:16	0:20:23	0:25:50	05:27	05:32	05:00
5	FOTOCELULA		0:01:44	0:04:00	02:16	0:10:53	0:12:57	02:04	0:15:03	0:17:13	02:10	02:28	02:00
6	LIMPIEZA DE LUMINARIA		0:38:06	0:41:06	03:00	0:30:54	0:33:52	02:58	0:50:29	0:52:59	02:30	02:58	03:00
7	INSTALACIÓN DE LUMINARIA		0:15:00	0:35:06	20:06	0:03:15	0:22:54	19:39	0:20:23	0:39:50	19:27	09:41	20:00
8	DIVER		0:01:01	0:09:30	08:29	0:02:30	0:11:38	09:08	0:02:01	0:11:38	09:37	09:16	09:00
9	TRASLADO DE POSTEA A POSTE		0:20:23	0:25:50	05:27	0:03:15	0:07:54	04:39	0:01:16	0:09:02	07:46	05:32	05:00
TIEMPO												0:52:30	1:01:00
Observaciones:													

Fuente: Datos obtenidos por el investigador



5.3.1.1.- Piloto con luminarias de Sodio

Inversión. - Los valores asociados a la inversión del proyecto, resultan del costo inicial de la luminaria, más el montaje de la misma. También se considera los costos incurridos en el mantenimiento programado por el recambio de los diferentes elementos, esto en función de las tasas de falla y de la vida útil de los mismos, para los 15 años de horizonte del proyecto.

Tabla 5. 10.- Resumen de la vida útil y costo de accesorios de luminarias

VIDA ÚTIL Y COSTOS DE ACCESORIOS								
Tiempo de funcionamiento anual		4.380	horas					
Vida útil de la luminaria		65.000	horas					
		14,8	años					
		Se asume 15 años						
Costo								
Accesorios	Precio [Dólares]	Vida útil		vida útil luminaria 15 años				
		años	horas	CAMBIO				
				existente	Luminaria normal		Led	
					# cambios	Adicional	# cambios	Adicional
Costo bombilla	11,76	3,00	13.140	1	5	4		
Costo inigtor	7,39	3,00	13.140	1	5	4		
Costo balasto normal	25,93	6,00	26.280	1	2	1		
Costo balasto capacitor	5,50	6,00	26.280	1	2	1		
Costo fotocélula	5,45	6,00	26.280	1	2	1		
* Costo insumos de limpieza	1,12	3,00	13.140	1	5	4	5	3
Costo Driver	135,00	8,00	35.040	1			2	1

Fuente: Catálogos de proveedores y costos de mercado

Costo de Energía.- Para este caso, no se considera un ingreso por ahorro de energía, por asumir de acuerdo con la hipótesis del proyecto piloto, que el remplazo es precisamente a esta fuente de luz; únicamente se calcula la energía total consumida por la luminaria de sodio la cual representa una potencia total instalada de 280W, incluido el consumo de accesorios. Se asume el valor del costo promedio de la energía de los últimos 14 años equivalente a \$ 11.23 USD c/kWh, de acuerdo al detalle registrado en la tabla 5.4, así mismo se considera una tasa anual de crecimiento del costo del 2%, valor que inclusive puede ser negativo en consideración a la entrada de las nuevas centrales hidráulicas, las cuales harían que el costo de la energía baje.

El Valor Actual neto

Tabla 5. 11.- Evaluación financiera del proyecto piloto “Luminarias de Sodio”

VAPOR DE SODIO											
ANÁLISIS ECONÓMICO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W											
COSTO KWH											
TASA DE ANUAL DE INFLACION MATERIALES		4%		COSTO KWH		\$ 0,1723		POTENCIA TOTAL W		2800	
TASA ANUAL DE INFLACION MANO OBRA		8%		CARGA INSTALADA EN KW		0,28		FACTOR DE POTENCIA		0,92	
COSTO HORA GURPO		70,67		TIPO DE LUMINARIA		250 W		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1000	
COSTO HORA GURPO		70,67		TIPO DE LUMINARIA		250 W		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1000	
CANTIDAD DE LUMINARIAS		1000		COSTO HORA GURPO		70,67		TIPO DE LUMINARIA		250 W	
ANÁLISIS ECONÓMICO DE ENERGIA CONSUMIDA POR LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1.000,00		POTENCIA TOTAL INSTALADA KW		2800,00	
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 479.693,74		TASA DE ANUAL DE INFLACION		3,00%		TASA DE DESDIBUJO		12,0000%	
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 314.161,89		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE A.P		2%		COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63	
ANÁLISIS ECONÓMICO DE ENERGIA CONSUMIDA POR LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W											
COSTO KWH		\$ 0,1723		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1.000,00		POTENCIA TOTAL INSTALADA KW		2800,00	
CARGA INSTALADA KW		0,32		TASA DE ANUAL DE INFLACION		3,00%		TASA DE DESDIBUJO		12,0000%	
FACTOR DE POTENCIA		0,92		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE A.P		2%		COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63	
ANÁLISIS ECONÓMICO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1.000,00		POTENCIA TOTAL INSTALADA KW		2800,00	
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 479.693,74		TASA DE ANUAL DE INFLACION		3,00%		TASA DE DESDIBUJO		12,0000%	
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 314.161,89		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE A.P		2%		COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63	
ANÁLISIS ECONÓMICO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO 250W											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS											
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63		CANTIDAD DE LUMINARIAS		1.000,00		POTENCIA TOTAL INSTALADA KW		2800,00	
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 479.693,74		TASA DE ANUAL DE INFLACION		3,00%		TASA DE DESDIBUJO		12,0000%	
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 314.161,89		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE A.P		2%		COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS		\$ 793.855,63	



Los resultados de la evaluación financiera del proyecto con luminarias de vapor de sodio, en el componente de mantenimiento, en el que se incluye los materiales y la mano de obra, traídos a valor actual o al año de la inversión inicial del proyecto, nos da un valor de \$ 479.693,74 Usd. Entre tanto para el caso del costo por la energía consumida, resulta ser \$1.059.374,67 Usd., con lo cual tenemos un valor total actual de inversión de \$ 1.539.068,40 Usd.

5.3.1.2.- Piloto con Luminarias Led

Inversión.- Los costos asociados a la inversión inicial resultante del costo de los equipos led; del montaje del mismo; así como del mantenimiento programado cada tres años por la limpieza de la luminaria. Adicionalmente en función de los catálogos, de la vida útil del led y de las tasas de fallas de los diferentes componentes de la luminaria, se considera una vida de alrededor de 65.000 horas, las mismas que traducidas a un uso de 12 horas/día, resulta una vida útil global del proyecto de 15 años, cuyo detalle se registra en la tabla 5.10 del presente capítulo.

Costo energía.- Considerando la eficacia lumínica de la fuente de led y la potencia a instalar en comparación con la fuente de sodio de 250W (280W total, por consumo de elementos), resulta la instalación de un equipo led de 200W en el que se incluye el consumo del driver, lo cual nos da como resultado, un costo de energía reducida y un ingreso favorable al proyecto por el ahorro de la energía.

Ahorro en Operación y Mantenimiento.- Resultado de la diferencia del proceso de los mantenimientos actuales de las luminarias de vapor de sodio en función de la vida útil de sus componentes vs los costos de implementar el mantenimiento de las nuevas luminarias led, en relación directa a su limpieza y al cambio del driver.



El Valor Actual neto

Tabla 5. 12.- Evaluación financiera del proyecto piloto "luminarias Led"

LUMINARIAS LED															
ANÁLISIS ECONÓMICO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA															
LUMINARIA TIPO LED 200W															
TASA DE ANUAL DE INFLACION MATERIALES		4%		0		3		6		8		12		200	
TASA ANUAL DE INFLACION MANO OBRA		8%		26,280		33,140		26,280		35,940		52,560		CARGA INSTALADA KW	
TASA DE DESCUENTO		12%												0.2	
COSTO HORA GRUPO		70.67		1,000.00										FACTOR DE POTENCIA	
TIPO DE LUMINARIA		200		W										0.92	
CANTIDAD DE LUMINARIAS		1000												FACTOR DE MANTENIMIENTO	
														0.90	
AÑOS		0		3		6		8		12		200			
HORAS		0		13140		26,280		35,940		52,560		COSTO TERCER MANTENIMIENTO		52560	
		COSTO INICIAL		COSTOS PRIMERO MANTENIMIENTO		COSTOS SEGUNDO MANTENIMIENTO		COSTOS TERCERO MANTENIMIENTO							
		MATERIALES		MATERIALES		MATERIALES		MATERIALES		MATERIALES		MATERIALES		MATERIALES	
		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA		MANO DE OBRA	
		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
		COSTO		COSTO		COSTO		COSTO		COSTO		COSTO		COSTO	
LUMINARIA LED		1		1		1		1		1		1		1	
LIMPIEZA LUMPIEZA		23.56		23.56		23.56		23.56		23.56		23.56		23.56	
INSTALACION DE LUMINARIA		2000		2000		2000		2000		2000		2000		2000	
TRASLADO		5.88		5.88		5.88		5.88		5.88		5.88		5.88	
DIVER		1		1		1		1		1		1		1	
SUBTOTALS		\$ 900,000.00		\$ 1,120,000		\$ 94,422.67		\$ 1,120,000		\$ 94,422.67		\$ 1,120,000		\$ 94,422.67	
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 900,000.00		\$ 1,259.8		\$ 14,822.8		\$ 37,061.5		\$ 1,932		\$ 23,727.9		\$ 6,090.4	
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 900,000.00		\$ 886.7		\$ 8,448.7		\$ 7,181.0		\$ 75,239.3		\$ 460.3		\$ 6,090.4	
COSTO TOTAL MANTENIMIENTO 15 AÑOS															
TOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 1,207,817.41													
TOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 1,043,843.09													
ANÁLISIS ECONÓMICO DE ENERGIA CONSUMIDA POR LUMINARIA TIPO LED 200W															
COSTO KW/h		\$ 0.1123												POTENCIA TOTAL LUMINARIA	
CARGA INSTALADA KW		200.00												200.00	
FACTOR DE POTENCIA		0.92												0.92	
DÍAS AÑO		365.00												365.00	
AÑOS		0		1		2		3		4		5		6	
HORAS		4380		8760		13140		17520		21900		26280		30660	
		\$ 0		\$ 98.375		\$ 98.375		\$ 98.375		\$ 98.375		\$ 98.375		\$ 98.375	
		\$ 0		\$ 102.948		\$ 104.386		\$ 106.864		\$ 108.614		\$ 110.796		\$ 113.022	
		\$ 0		\$ 102.948		\$ 104.386		\$ 106.864		\$ 108.614		\$ 110.796		\$ 113.022	
		\$ 0		\$ 117.567		\$ 119.918		\$ 122.317		\$ 124.763		\$ 127.258		\$ 129.803	
		\$ 0		\$ 117.567		\$ 119.918		\$ 122.317		\$ 124.763		\$ 127.258		\$ 129.803	
		\$ 0		\$ 142.366		\$ 146.532		\$ 151.116		\$ 156.128		\$ 161.604		\$ 167.550	
		\$ 0		\$ 142.366		\$ 146.532		\$ 151.116		\$ 156.128		\$ 161.604		\$ 167.550	
COSTO TOTAL ENERGIA 15 AÑOS															
TOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 1,735,261.16													
TOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 756,696.79													



Los resultados de la evaluación financiera del proyecto piloto con luminarias led en el componente de mantenimiento, similar análisis al caso de luminarias de sodio, registran un valor presente del proyecto de \$ 1.043.843,09 Usd. Para el caso del costo por la energía consumida resulta un valor de \$756.696,19 Usd., lo que nos da un valor total actual de inversión de \$ 1.800.539,28 Usd.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las inversiones actuales o presentes, resultantes del análisis realizado a los proyectos pilotos en mención.

Tabla 5. 13.- Cuadro comparativo de inversión “Sodio 250W vs. Led 200W”

COMPARATIVO ENTRE LOS COSTO DE: LUMINARIAS, MATERIALES, MANO DE OBRA; Y ENERGÍA

	VAPOR DE SODIO	LUMINARIA LED	DIFERENCIA	PORCENTAJE
COSTO TOTAL INVERSIÓN MATERIAL Y MANO DE OBRA	\$ 479.693,74	\$ 1.043.843,09	\$ 564.149,36	54,05%
COSTO TOTAL DE ENERGÍA	\$ 1.059.374,67	\$ 756.696,19	-\$ 302.678,48	-40,00%
TOTAL INVERSIÓN	\$ 1.539.068,40	\$ 1.800.539,28	-\$ 261.470,88	-14,52%

Como se puede observar, el proyecto piloto en las condiciones establecidas en la hipótesis planteada: ahorro del 30% en potencia instalada; precios de mercado de los accesorios y equipos; tiempos de mantenimiento vigentes, nos da como resultado final, que bajo estos parámetros el proyecto de sustitución de luminarias de vapor de sodio de 250W, por luminarias led de mayor eficiencia, proyecta un VAN negativo de **-\$ 261.470,88** Usd. Financieramente significa que el proyecto **NO ES RENTABLE** para los 15 años de horizonte, más bien resulta una inversión global mayor de un 14.52%, esto debido principalmente a los altos costos iniciales de compra de los equipos led.

Debido a los resultados obtenidos, se considera realizar el análisis de la sensibilidad financiera del proyecto en relación a sus costos.



5.3.1.3.- Análisis de la Sensibilidad financiera del proyecto

Se realiza el análisis de la sensibilidad que presenta el proyecto a los cambios porcentuales en el valor de la inversión; al ahorro en la potencia instalada; y, a la variación de la tasa de descuento, cuyo resumen de los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5. 14.- Sensibilidad financiera del proyecto “luminaria de 250W”

LUMINARIA 250W							
			REDUCCIÓN A LA TASA DE DESCUENTO				
VAN	-\$ 261.470,88			0%	15%	30%	
RELACIÓN ACTUAL					12%	10%	8%
REDUCCIÓN DEL COSTO DE LA LUMINARIA LED	0%	\$ 900,00	-\$ 261.470,88	-\$ 215.692,42	-\$ 160.225,96		
	15%	\$ 765,00	-\$ 126.470,88	-\$ 80.692,42	-\$ 25.225,96		
	30%	\$ 630,00	\$ 8.529,12	\$ 54.307,58	\$ 109.774,04		

CALCULO PARA LUMINARIA TIPO LED DE 200W							
			REDUCCIÓN AL CONSUMO DE ENERGÍA				
VAN	-\$ 261.470,88			0%	15%	30%	
RELACIÓN ACTUAL					200	170	140
REDUCCIÓN DEL COSTO DE LA LUMINARIA LED	0%	\$ 900,00	-\$ 261.470,88	-\$ 70.652,23	\$ 42.852,20		
	15%	\$ 765,00	-\$ 126.470,88	\$ 64.347,77	\$ 177.852,20		
	30%	\$ 630,00	\$ 8.529,12	\$ 199.347,77	\$ 312.852,20		

De los resultados obtenidos de la sensibilidad financiera, podemos concluir:

- Que el proyecto se vuelve rentable cuando se reduce el costo del equipo en un 30%, esto es de un valor inicial de \$ 900 Usd., a un valor resultante de **\$ 630 Usd.**, manteniéndose la tasa de descuento en el valor de diseño del **12%**.
- Así mismo el proyecto se vuelve rentable cuando se reduce el costo del equipo en un 15%, esto es de un valor inicial de \$ 900 Usd., a un valor resultante de **\$ 765 Usd.**, y el ahorro en la potencia instalada pasa de un 30% **a ser del 40%** (170W), en relación a la potencia total de 280W.



5.3.1.4.- Análisis del proyecto de sustitución para luminarias de Sodio de 150W

Con la finalidad de determinar un análisis similar para las luminarias de vapor de sodio de 150W, las mismas que tienen un consumo total de 175 W, incluido sus elementos, y su respectivo reemplazo correspondiente a 120W en tecnología led, esto en función de los resultados obtenidos de la presente investigación. Se procede de forma similar con la evaluación técnico-económica, análoga a las luminarias de 250W, registrándose el resumen de los datos obtenidos en la siguiente tabla; y, cuyo detalle del análisis se adjunta en el Anexo N° 9.

Tabla 5. 15.- Cuadro comparativo de inversión Sodio 150W vs. Led 120W

CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL COSTO DE: LUMINARIAS, MATERIALES, MANO DE OBRA Y ENERGÍA

	VAPOR DE SODIO	LUMINARIA LED	DIFERENCIA	PORCENTAJE
COSTO TOTAL INVERSIÓN MATERIAL Y MANO DE OBRA	\$ 417.146,80	\$ 885.551,96	\$ 468.405,15	52,89%
COSTO TOTAL DE ENERGÍA	\$ 664.000,91	\$ 454.017,71	-\$ 209.983,19	-46,25%
TOTAL INVERSIÓN	\$ 1.081.147,71	\$ 1.339.569,67	-\$ 258.421,96	-19,29%

En resumen podemos mencionar que el proyecto en las condiciones establecidas: horro del 30% en la potencia instalada; precios de mercado de los accesorios y equipos; tiempos de mantenimiento vigentes, nos da como resultado final, que bajo estos parámetros el proyecto de sustitución de luminarias de vapor de sodio de 150W, por luminarias led de mayor eficiencia, proyecta un VAN negativo de **-\$ 258.421** Usd. Financieramente significa que el proyecto **NO ES RENTABLE** en los 15 años del análisis, más bien resulta que se debe de realizar una inversión global mayor de un 19.29%, esto también debido a los costos iniciales altos de compra de los equipos led.



Así mismo se realiza el análisis de la sensibilidad que presenta el proyecto a los cambios porcentuales en el valor de la inversión; al ahorro en la potencia instalada; y, a la variación de la tasa de descuento, cuyo resumen de los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5. 16.- Sensibilidad financiera del proyecto “luminaria de 150W”

LUMINARIA 150W					
		REDUCCIÓN A LA TASA DE DESCUENTO			
VAN	-\$ 258.421,96	0%	15%	30%	
RELACIÓN ACTUAL		12%	10%	8%	
REDUCCIÓN DEL COSTO DE LA LUMINARIA LED	0%	\$ 750,00	-\$ 258.421,96	-\$ 224.653,93	-\$ 183.700,09
	15%	\$ 637,50	-\$ 145.921,96	-\$ 112.153,93	-\$ 71.200,09
	30%	\$ 525,00	-\$ 33.421,96	\$ 346,07	\$ 41.299,91

CALCULO PARA LUMINARIA LED DE 120					
		REDUCCIÓN AL CONSUMO DE ENERGIA			
VAN	-\$ 258.421,96	0%	15%	30%	
RELACIÓN ACTUAL		120	102	84	
REDUCCIÓN DEL COSTO DE LA LUMINARIA LED	0%	\$ 750,00	-\$ 258.421,96	-\$ 203.728,96	-\$ 143.841,89
	15%	\$ 637,50	-\$ 145.921,96	-\$ 8.796,21	\$ 59.306,44
	30%	\$ 525,00	-\$ 33.421,96	\$ 103.703,79	\$ 171.806,44

De los resultados obtenidos de la sensibilidad financiera, podemos concluir:

- Que el proyecto se vuelve rentable cuando se reduce el costo del equipo en un 30%, esto es de un valor inicial de \$ 750 Usd., a un valor resultante de **\$ 525 Usd.**, y la tasa de descuento se reduce a un valor del **10%**.
- También el proyecto se vuelve rentable cuando se reduce el costo del equipo en un 15%, esto es de un valor inicial de \$ 750 Usd., a un valor resultante de **\$ 637,50 Usd.**, y el ahorro en potencia instalada pasa de un 30% **a ser del 40%** (102W), en relación a la potencia total de 175W.



5.3.1.5.- Beneficios económicos del proyecto

Desde el punto de vista del enfoque económico, el proyecto de "Sustitución de luminarias de vapor de sodio por luminarias de mayor eficiencia tipo led", demuestra viabilidad económica para las empresas eléctricas del país. Las mismas que en la mayoría de los casos por ser sus accionistas las entidades del estado, los beneficios que genera su ejecución los recibirá el país y en consecuencia la economía nacional.

Entre los beneficios económicos que recibiría la ciudadanía, podemos mencionar: mayor calidad; capacidad y eficiencia del sistema de alumbrado público; mayor nivel de seguridad; mayor confort y calidad de vida de los habitantes, por tanto se considera implícita la viabilidad económica del proyecto de sustitución de las fuentes de luz de vapor de sodio por luminarias led.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los fabricantes de luminarias led, no deben asumir la vida útil del led como vida de la luminaria, ya que el equipo está compuesto por muchos componentes (sistema óptico, térmico, driver, conexiones eléctricas y uniones de soldadura), cada uno con su propio comportamiento inclusive dentro de un mismo lote de led. El análisis técnico debe ser realizado al equipo completo como tal (luminaria), considerando las principales características determinadas para los led, como la vida útil correspondiente al mantenimiento del flujo L70-L80, entre otras, las mismas que fueron analizadas en función de las mediciones eléctricas y estudios registrados en el Capítulo IV, sección 4.3.2.1.2, de la presente investigación.

- Las luminarias led tienen la particularidad que la relación Flujo / Potencia es lineal, lo que permite que la eficacia (lum/W) se mantenga. Esto no ocurre con las demás fuentes de luz, como el sodio, donde si existe una disminución de la potencia instalada, trae como consecuencia que el flujo lumínico se disminuya en mayor proporción, afectando el rendimiento del equipo y su eficacia. Detalles que fueron analizados, medidos y registrados en el Capítulo IV, acápite “4.3.2.3.2.- Relación [lx/W] en luminarias led”, del presente estudio.

- Actualmente el avance tecnológico de las luminarias led, permiten obtener un ahorro del 30% de la potencia instalada, en comparación con las luminarias de vapor de sodio, manteniendo los mismos niveles de iluminancia y luminancia en las vías. Resultados que se determinaron en base a las mediciones



eléctricas, fotométricas de luminancia, iluminancia; y, al análisis de la equivalencia de potencias de fuentes de Sodio vs Led, definidas en el Capítulo IV, sección, 4.3.2.3.3.

Financieramente, si se considera las condiciones actuales del país (costo energía, aranceles, inflación, etc), el uso de la tecnología led será rentable cuando el ahorro de la potencia instalada en relación con las luminarias de sodio cambie de un 30% a un ahorro del 40 %; o también cuando bajen los precios de compra de los equipos led en un 30%, en relación al costo actual. Análisis que fue obtenido en base a la evaluación financiera del comparativo de la inversión entre el proyecto de luminarias de sodio vs el led; y, al resultado de sensibilidad financiera correspondiente a la variación de los costos y tasa de descuento, determinadas en el Capítulo V, sección, 5.3.1., de la presente investigación.



RECOMENDACIONES

- Implementar un plan de capacitación permanente y adecuado para el personal involucrado en el tema (ingenieros, asistentes, jefes de grupos, electricistas y otros), en vista que la tecnología led avanza rápidamente; además, es imprescindible la formación y el conocimiento tecnológico con el propósito de mejorar las destrezas del personal de mantenimiento comprometido.
- Realizar la difusión de los métodos y procedimientos utilizados en la determinación de las principales características eléctricas y fotométricas de las luminarias led, proponiendo el seguimiento de pruebas y ensayos a mayor número de equipos disponibles, con la finalidad de llegar a perfeccionar la normativa de estos equipos en el país.
- Involucrar a todos los actores del alumbrado público (Universidades, empresas distribuidoras, municipios, GADs, policía nacional, proveedores, vendedores, y otros), con el propósito de implementar programas en eficiencia energética de manera conjunta.
- Realizar la adquisición de luminancímetros y luxómetros de precisión, a las empresas de distribución del país, con el propósito de revisar las mediciones de luminancia e iluminancia de las vías y el cumplimiento de la regulación de alumbrado público vigente.
- Realizar proyectos pilotos relacionados con la eficiencia energética en los sistemas de iluminación pública, debidos al cambio o remplazo de las fuentes tradicionales por equipos led, de manera que durante su ejecución y posterior a ella, se evalúe y analicen los resultados obtenidos, así como su ámbito de aplicación en las empresas de distribución.



- Realizar antes de la implementación de los proyectos piloto, la evaluación técnica-económica de los mismos, con el fin de determinar el momento y la conveniencia o no del cambio de tecnología propuesta.

- Actualizar la normativa vigente de la iluminación pública, con el apoyo permanente de investigación del único laboratorio de luminotecnia del país, perteneciente al Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). Donde se determinen las características eléctricas y fotométricas de las diferentes fuentes de luz, la ejecución de diversas pruebas y ensayos especializados.

- Enviar las muestras de los equipos de iluminación por parte de la empresas eléctricas del país, a laboratorios acreditados mediante normativas IEC o ANSI, para la determinación y comprobación de los parámetros eléctricos y fotométricos ofertados; y, que la documentación entregada por el oferente, este debidamente certificada y apostillada en el país de origen y acreditada en el Organismo de Acreditación Ecuatoriano "OAE".

- Considerar la cantidad de luminarias de vapor de sodio que pueden ser cambiadas en el país (87,77%), por fuentes led. Se cumpla con la exigencia de los parámetros eléctricos propuestos en la presente investigación, tales como: armónicos de tensión y corriente, flicker, potencia, factor de potencia, entre otros. Al ser las luminarias led, cargas no lineales, por su volumen y potencia a instalar, pueden afectar la calidad del servicio eléctrico.

- Solicitar a través del MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable), que los aranceles que actualmente se graban a los equipos led, que van desde el 15% - 30%; y, las salvaguardias por el orden del 40%, sean eliminados. Con el propósito de incentivar la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado público a través de la instalación de estos equipos.



- Solicitar al MEER a través de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad “ARCONEL”, que los parámetros establecidos en la regulación vigente para las vías de tráfico motorizado y peatonales, no considere los tipos M5- M6, ya que los valores de iluminancia y luminancia son muy bajos y no brindan la seguridad respectiva, debido fundamentalmente a las condiciones sociales y de idiosincrasia de nuestro país.

- Contemplar los aspectos sociales y ambientales, en todo proyecto relacionado con el cambio o mejora de las condiciones técnicas de los sistemas de iluminación pública del país.

- Realizar investigación en temas relacionados con la eficiencia energética, de manera conjunta con las universidades, institutos, organismos, empresas y demás entidades del sector eléctrico. Los cuales poseen equipos especializados de medición y control, software, personal capacitado, etc., de manera de unificar esfuerzos y aprovechar al máximo los conocimientos y recursos de cada entidad.

- Incluir en los programas de estudio de las universidades del país, que disponen de carreras técnicas relacionadas con las áreas de ingeniería eléctrica, opciones de especialidad en luminotecnia y en sus diferentes ámbitos, con la finalidad que la academia mantenga el rol primordial en la formación e investigación.



BIBLIOGRAFÍA, HEMEROGRAFÍA Y FUENTES DE CONSULTA.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Normas sobre el alumbrado de carreteras del Ministerio de Obras Públicas de 1964.
2. Publicación CIE núm. 23-1973. Recomendaciones para la iluminación de autopistas.
3. Publicación CIE núm. 30.2-1982. Cálculo y mediciones de la luminancia e iluminancia en el alumbrado de carreteras.
4. Publicación CIE núm. 33/AB-1977. Depreciación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público.
5. Publicación CIE núm. 34-1977. Luminarias para instalaciones de alumbrado público: datos fotométricos, clasificación y prestaciones.
6. Publicación CIE núm. 66-1984. Pavimentos de carreteras y alumbrado.
7. Publicación CIE núm. 126-1997. Guía para minimizar la luminosidad del cielo.
8. Publicación CIE núm. 136-2000. Guía para la iluminación de áreas urbanas.
9. Publicación CIE núm. 140-2000. Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras.
10. Norma colombiana de iluminación NTC-900.
11. Páginas Webs, relacionadas con Iluminación pública.
12. Páginas Webs, relacionadas con eficiencia energética en iluminación pública.
13. Términos de Referencia en la adquisición de luminarias emitidos por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).



HEMEROGRAFÍA:

1. EREU, Miguel, “Criterios, diseños y recomendaciones de alumbrado público”, primera edición, 2004.
2. Publicación CIE núm. 30.2-1982. Cálculo y mediciones de la luminancia e iluminancia en el alumbrado de carreteras.
3. Publicación CIE núm. 34-1977. Luminarias para instalaciones de alumbrado público: datos fotométricos, clasificación y prestaciones.
4. Publicación CIE núm. 66-1984. Pavimentos de carreteras y alumbrado.
5. Publicación CIE núm. 140-2000. Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras.
6. Regulación No. CONELEC 008/11, del 24 de noviembre de 2011. Prestación del Servicio de Alumbrado Público General.
7. Regulación No. CONELEC 005/14, del 18 de septiembre de 2014. Prestación del Servicio de Alumbrado Público General.
8. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069 "Alumbrado Público", primera actualización, 2013.
9. Norma colombiana NTC-900, “Reglas generales y especificaciones para el alumbrado público”, tercera actualización, 2006.
10. Regulación No. CONELEC 005/01, del 23 de mayo de 2001. Calidad del servicio eléctrico de distribución.
11. Varios Folletos.



ANEXOS

Anexo N°1.- Cálculo del diseño lumínico mediante la utilización del programa de SOCELEC Ulysse V2.3.

Anexo N°2.- Cálculo del diseño lumínico mediante la utilización del programa Dialux versión 4.12.

Anexo N°3.- Especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Electricidad, para luminarias de vapor de sodio.

Anexo N°4.- Registros del equipo de calidad de energía de una luminaria led.

Anexo N°5.- Mediciones de Iluminancia y luminancia de las vías: Av. De las Américas; Av. Huayna Cápac; calle Gran Colombia; Av. Enrique Arízaga; calle Bolívar; y, calle Rafael Ramírez, Av. Don Bosco.

Anexo N°6.- Mediciones eléctricas al sistema de telegestión en luminarias led.

Anexo N°7.- Registro de la Demanda de CENTROSUR del día típico correspondiente al mes de mayo de 2015 (lunes 11/05/2015), en MW.

Anexo N°8.- Registro de tiempos y micromovimientos en las tareas de mantenimiento de los sistemas de alumbrado público del cantón Cuenca

Anexo N°9.- Evaluación financiera del proyecto piloto “luminarias de sodio 150W vs luminaria led 120W”.

ANEXO N° 1



Interpolación cuadrática

Proyecto

Fichero : ... \SIMULA-1\VIAM1-1\SIMULA-1.LPF

Información general : Norma C.I.E. 140

Detalles de la carretera

Disposición :  Conducción :  Sentido : 
 Número de : Ancho de carril : m Ancho de : m
 Tabla R : Qo :
 Cálculo : Luminancia Iluminancia (Z Positivo) Ilum. Semicilíndrica TI

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m Altura : m Retranqueo : m Retroceso : m
 Inclinación : °
 Descripción : **TECEO 2**
 Flujo : klm FM :

Resumen

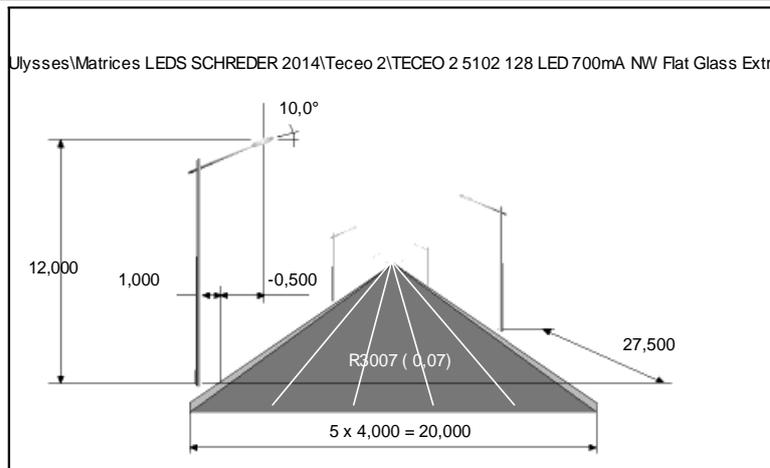
• Luminancia

	1	2	3	4	5	
Obs Y	<input type="text" value="2,000"/>	<input type="text" value="6,000"/>	<input type="text" value="10,000"/>	<input type="text" value="14,000"/>	<input type="text" value="18,000"/>	m
Lmed :	<input type="text" value="2,35"/>	<input type="text" value="2,38"/>	<input type="text" value="2,40"/>	<input type="text" value="2,39"/>	<input type="text" value="2,37"/>	cd/m ²
Uo :	<input type="text" value="48,6"/>	<input type="text" value="54,7"/>	<input type="text" value="63,8"/>	<input type="text" value="63,4"/>	<input type="text" value="56,3"/>	%
Ul :	<input type="text" value="73,0"/>	<input type="text" value="78,5"/>	<input type="text" value="87,1"/>	<input type="text" value="79,2"/>	<input type="text" value="73,2"/>	%
TI :	<input type="text" value="10,8"/> %		Posición del			<input type="text" value="-2,822; 5,000; 1,500"/> m

• Iluminancia

Emín : lux
 Emed : lux

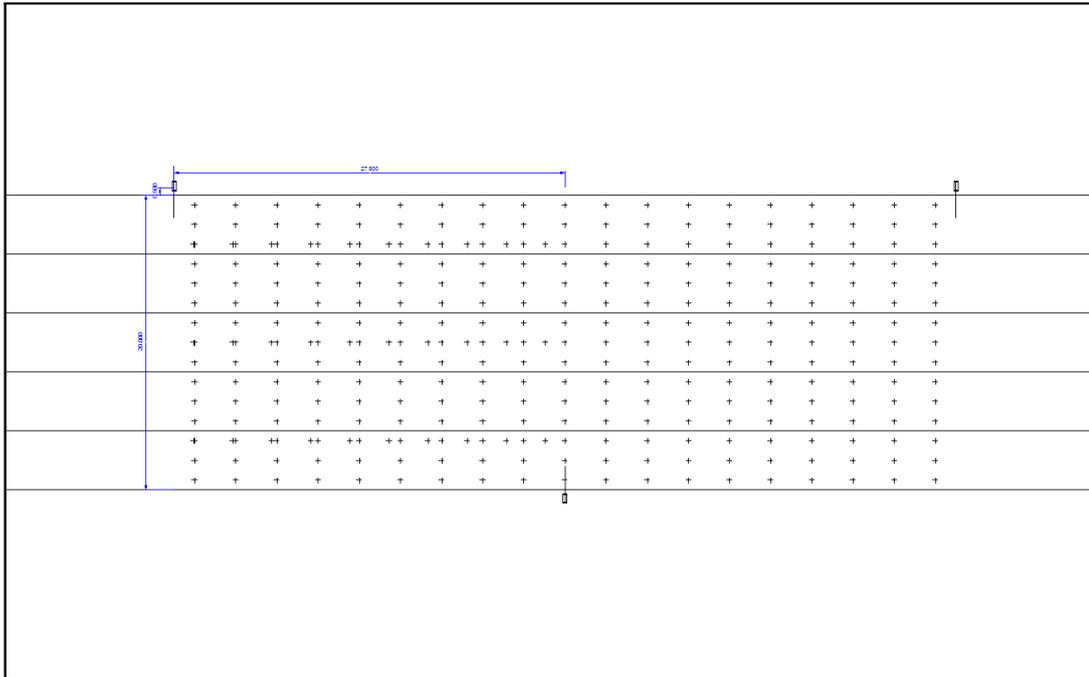
Esquem a



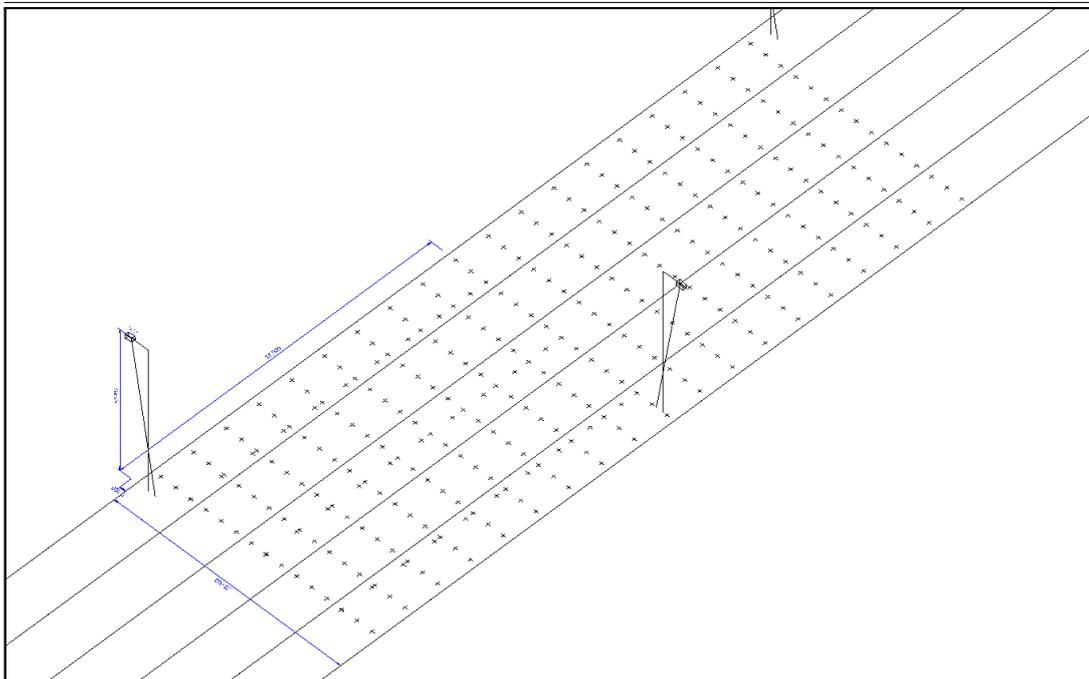
Proyecto

Fichero : ... \SIMULA-1\VIAM1~1\SIMULA-1.LPF

Vista en planta



Vista en 3D





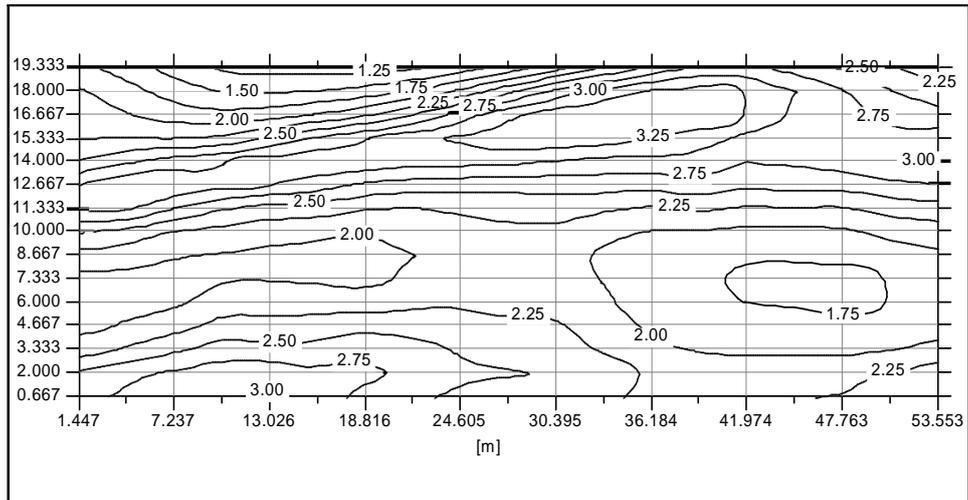
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (< -60,000; 2,000; 1,500) [cd/m²]

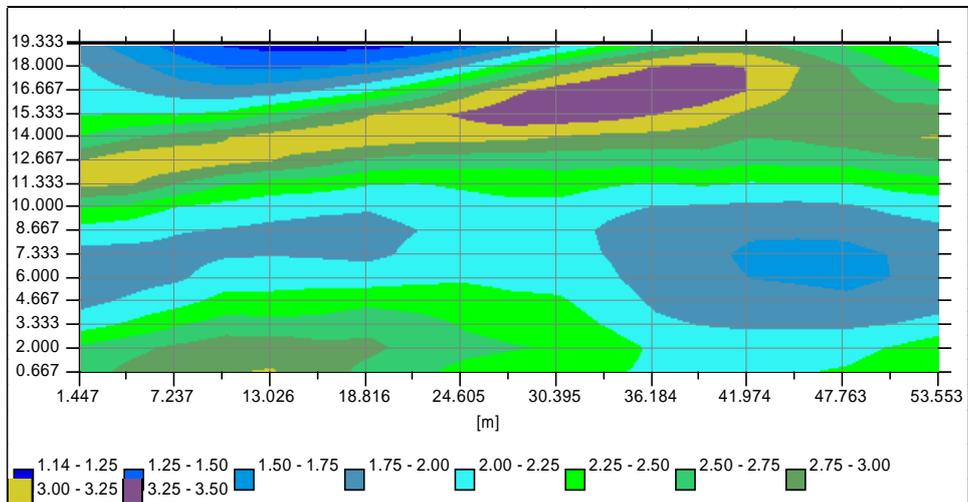
Min :	1,14	cd/m²	Med :	2,35	cd/m²	Máx :	3,50	cd/m²	Uo :	48,6	%	Ug :	32,6	%	
19,333	1,83	1,64	1,39	1,22	1,15	1,14	1,15	1,21	1,37	1,60	1,90	2,24	2,54	2,79	2,83
18,000	2,03	1,84	1,63	1,49	1,47	1,51	1,59	1,76	2,05	2,43	2,80	3,08	3,28	3,35	3,24
16,667	2,10	2,01	1,89	1,82	1,89	2,02	2,21	2,50	2,87	3,18	3,40	3,50	3,50	3,44	3,23
15,333	2,24	2,26	2,24	2,31	2,52	2,77	2,98	3,16	3,30	3,44	3,44	3,38	3,26	3,14	2,93
14,000	2,52	2,71	2,87	2,99	3,14	3,21	3,17	3,11	3,09	3,06	2,98	2,92	2,92	2,87	2,75
12,667	3,01	3,22	3,23	3,09	3,00	2,86	2,70	2,63	2,60	2,57	2,60	2,60	2,58	2,64	2,55
11,333	3,05	3,03	2,74	2,52	2,39	2,36	2,26	2,24	2,29	2,35	2,36	2,28	2,22	2,28	2,22
10,000	2,52	2,40	2,24	2,15	2,08	2,04	2,02	2,06	2,13	2,18	2,17	2,06	1,99	1,97	1,93
8,667	2,15	2,10	2,01	1,98	1,94	1,92	1,93	2,00	2,08	2,11	2,11	1,96	1,86	1,82	1,77
7,333	1,91	1,92	1,92	1,97	1,99	1,97	1,94	2,05	2,11	2,13	2,12	1,99	1,84	1,78	1,73
6,000	1,84	1,90	1,96	2,12	2,14	2,15	2,12	2,20	2,22	2,18	2,17	2,05	1,86	1,79	1,75
4,667	1,92	2,04	2,16	2,34	2,33	2,37	2,43	2,39	2,36	2,30	2,28	2,14	1,96	1,88	1,82
3,333	2,13	2,29	2,47	2,61	2,58	2,59	2,68	2,60	2,47	2,42	2,37	2,23	2,05	1,99	1,95
2,000	2,56	2,68	2,80	2,90	2,94	2,82	2,81	2,67	2,57	2,52	2,48	2,37	2,21	2,16	2,15
0,667	2,65	2,81	2,90	2,99	3,01	2,86	2,68	2,56	2,43	2,39	2,32	2,29	2,20	2,19	2,20
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
19,333	2,64	2,47	2,27	2,10											
18,000	3,01	2,76	2,51	2,35											
16,667	2,94	2,84	2,69	2,57											
15,333	2,84	2,92	2,82	2,89											
14,000	2,78	2,88	2,97	3,02											
12,667	2,59	2,59	2,68	2,74											
11,333	2,23	2,23	2,34	2,38											
10,000	1,92	1,96	2,06	2,12											
8,667	1,77	1,79	1,87	1,94											
7,333	1,71	1,70	1,76	1,82											
6,000	1,73	1,72	1,75	1,82											
4,667	1,80	1,78	1,82	1,89											
3,333	1,96	1,95	2,00	2,09											
2,000	2,15	2,18	2,27	2,42											
0,667	2,23	2,27	2,35	2,48											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											



Malla principal (1) : Luminancia (< -60,000; 2,000; 1,500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (< -60,000; 2,000; 1,500) [cd/m²]

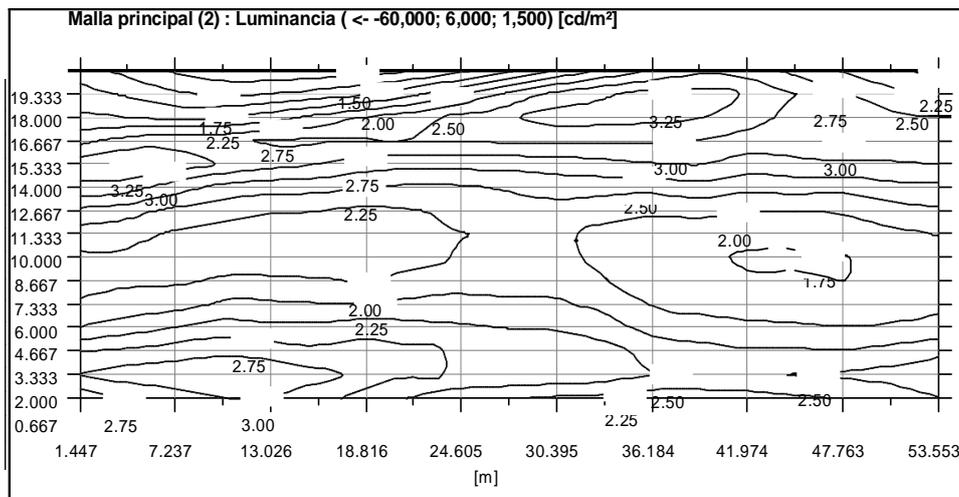




Malla principal (2) : Luminancia (<- -60,000; 6,000; 1,500) [cd/m²]

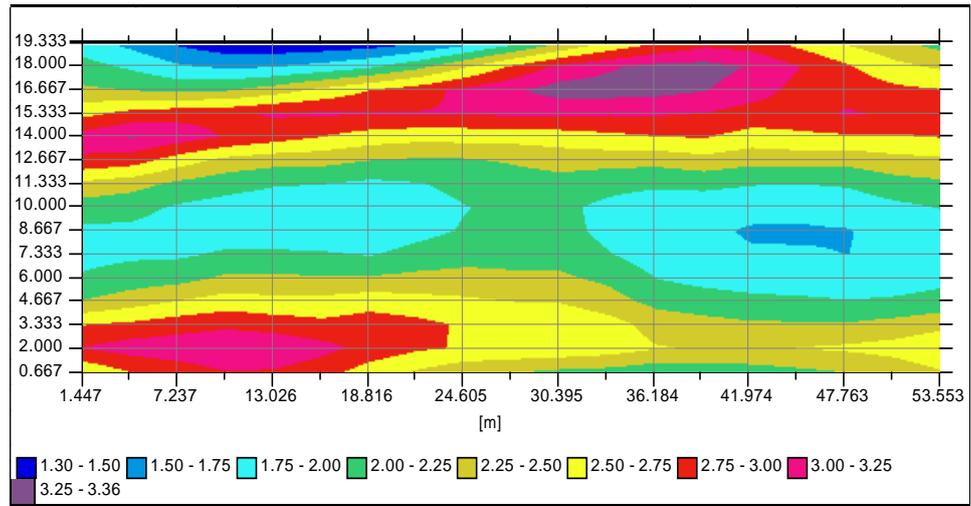
Min :	1,30	cd/m ²	Med :	2,38	cd/m ²	Máx :	3,36	cd/m ²	Uo :	54,7	%	Ug :	38,7	%	
19,333	1,86	1,67	1,46	1,33	1,30	1,32	1,37	1,48	1,68	1,94	2,25	2,54	2,76	2,93	2,88
18,000	2,10	1,96	1,79	1,71	1,75	1,84	1,97	2,19	2,49	2,80	3,08	3,22	3,32	3,34	3,23
16,667	2,29	2,25	2,19	2,24	2,38	2,57	2,75	2,89	3,08	3,21	3,36	3,36	3,33	3,26	3,12
15,333	2,68	2,84	2,92	2,94	3,03	3,03	3,02	3,02	3,01	3,05	3,05	3,03	3,03	2,99	2,89
14,000	3,12	3,26	3,13	2,98	2,85	2,74	2,63	2,58	2,59	2,59	2,62	2,68	2,74	2,76	2,65
12,667	2,95	2,86	2,62	2,41	2,34	2,33	2,25	2,21	2,22	2,28	2,35	2,35	2,33	2,41	2,32
11,333	2,43	2,35	2,18	2,09	2,02	2,00	1,94	1,99	2,07	2,12	2,15	2,07	2,04	2,06	2,01
10,000	2,13	2,08	1,96	1,90	1,85	1,83	1,84	1,91	1,99	2,05	2,04	1,94	1,87	1,85	1,81
8,667	1,95	1,95	1,90	1,89	1,88	1,84	1,84	1,93	2,02	2,07	2,07	1,94	1,84	1,79	1,73
7,333	1,93	1,96	1,96	2,03	2,03	2,03	1,98	2,08	2,15	2,16	2,14	2,01	1,87	1,81	1,77
6,000	2,03	2,11	2,15	2,29	2,29	2,27	2,27	2,31	2,33	2,29	2,29	2,19	1,99	1,92	1,89
4,667	2,26	2,38	2,51	2,61	2,57	2,57	2,64	2,58	2,54	2,50	2,48	2,36	2,17	2,10	2,06
3,333	2,74	2,80	2,89	2,94	2,88	2,81	2,88	2,82	2,71	2,71	2,71	2,60	2,41	2,34	2,28
2,000	3,02	3,12	3,16	3,22	3,20	3,08	2,92	2,79	2,72	2,70	2,69	2,63	2,51	2,49	2,48
0,667	2,56	2,77	2,88	3,00	2,98	2,86	2,63	2,48	2,33	2,28	2,21	2,18	2,10	2,11	2,15
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974

19,333	2,68	2,48	2,32	2,15
18,000	3,00	2,78	2,57	2,46
16,667	2,91	2,91	2,81	2,76
15,333	2,90	3,03	2,96	2,99
14,000	2,69	2,71	2,72	2,75
12,667	2,35	2,33	2,42	2,44
11,333	2,00	2,03	2,15	2,21
10,000	1,80	1,84	1,94	2,01
8,667	1,73	1,74	1,82	1,90
7,333	1,77	1,75	1,81	1,88
6,000	1,86	1,83	1,87	1,94
4,667	2,04	2,01	2,03	2,09
3,333	2,28	2,27	2,34	2,43
2,000	2,50	2,54	2,60	2,71
0,667	2,21	2,26	2,36	2,49
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553





Malla principal (2) : Luminancia (<- -60,000; 6,000; 1,500) [cd/m²]



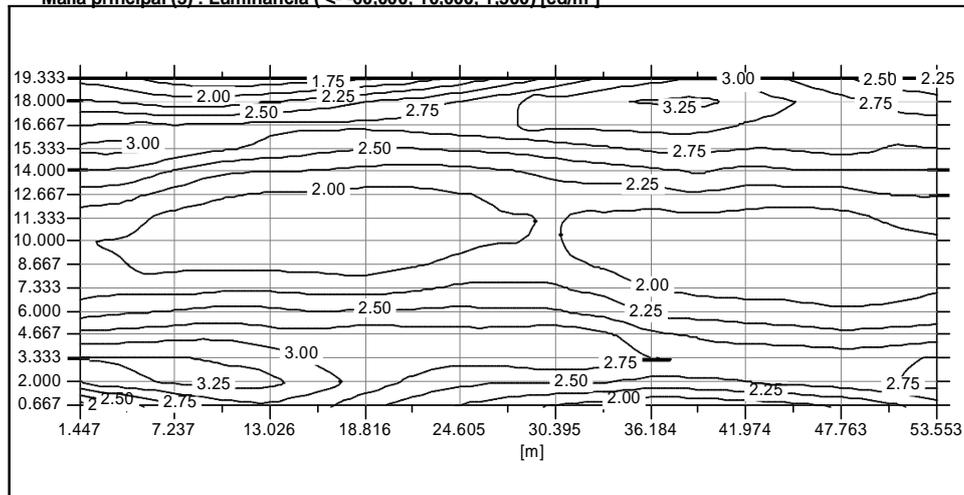


Malla principal (3) : Luminancia (<- -60,000; 10,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	1,53	cd/m²	Med :	2,40	cd/m²	Máx :	3,34	cd/m²	Uo :	63,8	%	Ug :	45,8	%	
19,333	1,94	1,78	1,62	1,53	1,56	1,62	1,71	1,85	2,07	2,31	2,57	2,77	2,92	2,99	2,90
18,000	2,28	2,21	2,11	2,12	2,22	2,35	2,49	2,60	2,76	2,95	3,12	3,23	3,27	3,30	3,18
16,667	2,74	2,79	2,75	2,78	2,82	2,80	2,81	2,86	2,90	2,98	3,07	3,08	3,09	3,10	2,98
15,333	3,05	3,08	2,94	2,80	2,67	2,58	2,51	2,50	2,55	2,58	2,64	2,72	2,80	2,81	2,75
14,000	2,73	2,69	2,47	2,28	2,25	2,22	2,17	2,14	2,16	2,22	2,32	2,38	2,44	2,52	2,42
12,667	2,36	2,31	2,15	2,02	1,96	1,96	1,91	1,93	1,98	2,04	2,12	2,11	2,12	2,21	2,12
11,333	2,14	2,07	1,92	1,86	1,80	1,79	1,78	1,82	1,92	1,99	2,01	1,95	1,92	1,94	1,91
10,000	2,01	1,98	1,88	1,83	1,79	1,75	1,77	1,84	1,93	2,00	2,01	1,92	1,85	1,82	1,77
8,667	2,02	2,00	1,94	1,95	1,94	1,92	1,89	1,98	2,08	2,11	2,10	1,97	1,87	1,83	1,77
7,333	2,14	2,18	2,15	2,21	2,21	2,17	2,15	2,22	2,29	2,30	2,28	2,17	2,01	1,94	1,91
6,000	2,40	2,48	2,53	2,60	2,57	2,51	2,55	2,54	2,57	2,54	2,54	2,42	2,22	2,15	2,13
4,667	2,86	2,87	2,93	2,95	2,86	2,85	2,91	2,88	2,85	2,87	2,91	2,81	2,58	2,48	2,40
3,333	3,27	3,30	3,28	3,23	3,15	2,96	2,95	2,90	2,82	2,87	2,94	2,89	2,77	2,73	2,69
2,000	2,98	3,17	3,28	3,34	3,31	3,11	2,89	2,68	2,57	2,50	2,50	2,49	2,41	2,44	2,49
0,667	2,08	2,41	2,66	2,87	2,94	2,81	2,58	2,39	2,23	2,10	1,96	1,88	1,76	1,77	1,84
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974

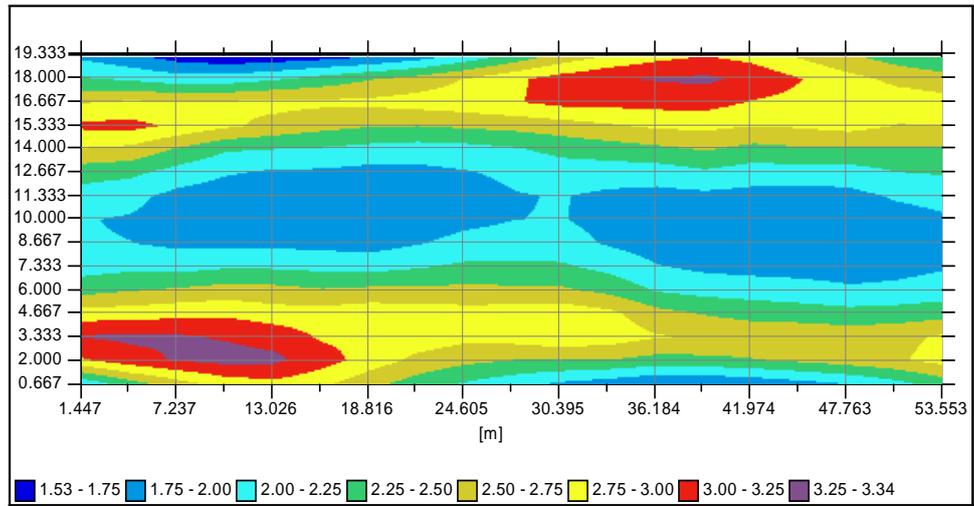
19,333	2,70	2,52	2,37	2,23
18,000	3,01	2,84	2,68	2,61
16,667	2,93	2,98	2,90	2,84
15,333	2,78	2,85	2,74	2,75
14,000	2,46	2,46	2,48	2,48
12,667	2,14	2,14	2,24	2,27
11,333	1,88	1,92	2,03	2,09
10,000	1,75	1,80	1,89	1,96
8,667	1,78	1,78	1,86	1,95
7,333	1,89	1,86	1,92	1,98
6,000	2,10	2,04	2,06	2,11
4,667	2,36	2,33	2,36	2,40
3,333	2,70	2,65	2,68	2,78
2,000	2,56	2,63	2,72	2,85
0,667	1,92	2,02	2,18	2,38
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553

Malla principal (3) : Luminancia (<- -60,000; 10,000; 1,500) [cd/m²]





Malla principal (3) : Luminancia (< -60,000; 10,000; 1,500) [cd/m²]

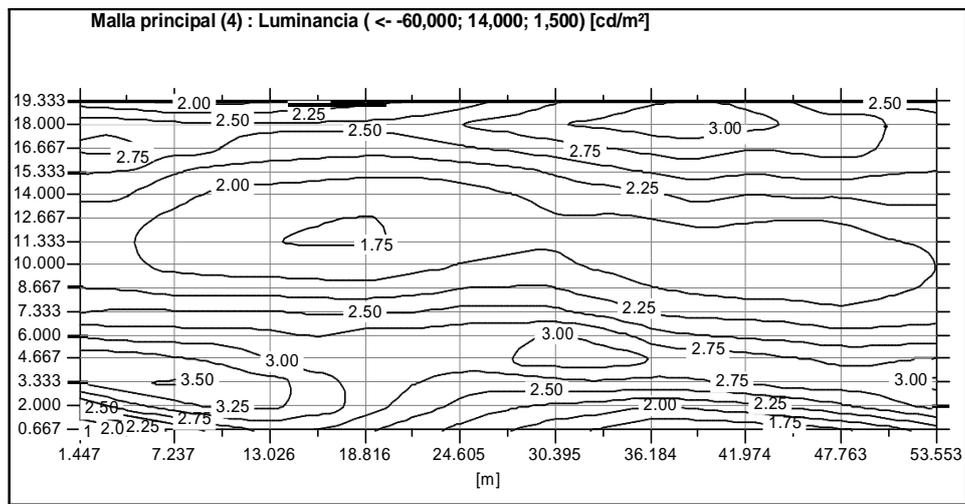




Malla principal (4) : Luminancia (<- -60,000; 14,000; 1,500) [cd/m²]

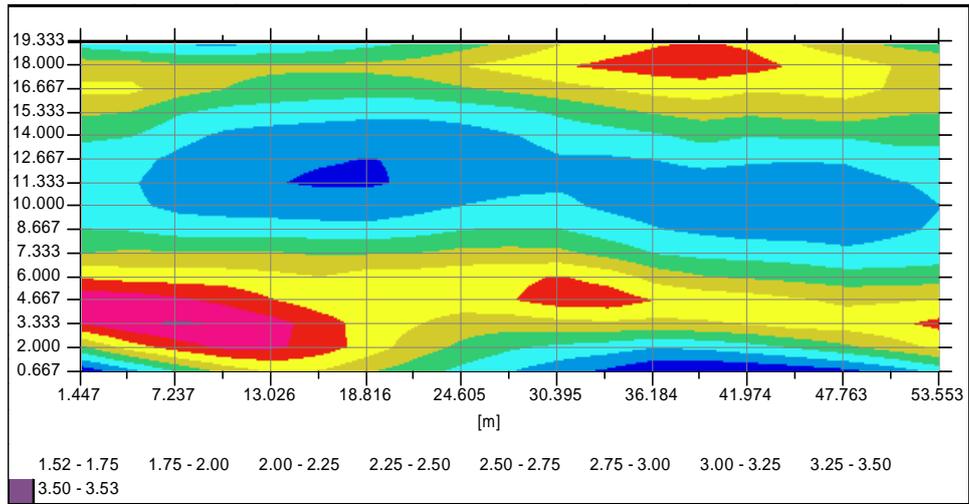
Min :	1,52	cd/m²	Med :	2,39	cd/m²	Máx :	3,53	cd/m²	Uo :	63,4	%	Ug :	43,0	%	
19,333	2,12	2,03	1,94	1,92	1,98	2,07	2,17	2,26	2,39	2,55	2,72	2,86	2,97	3,02	2,94
18,000	2,65	2,64	2,57	2,57	2,54	2,55	2,57	2,62	2,74	2,85	2,98	3,06	3,12	3,16	3,10
16,667	2,80	2,81	2,61	2,50	2,42	2,38	2,36	2,38	2,47	2,55	2,65	2,74	2,84	2,88	2,77
15,333	2,54	2,49	2,27	2,16	2,12	2,09	2,06	2,05	2,09	2,16	2,29	2,41	2,52	2,59	2,54
14,000	2,29	2,26	2,08	1,94	1,90	1,87	1,85	1,85	1,90	1,98	2,08	2,13	2,21	2,33	2,25
12,667	2,14	2,08	1,94	1,83	1,77	1,76	1,75	1,77	1,84	1,91	1,98	1,97	2,00	2,07	2,04
11,333	2,09	2,03	1,88	1,81	1,76	1,73	1,73	1,78	1,86	1,93	1,97	1,91	1,89	1,89	1,86
10,000	2,10	2,05	1,94	1,89	1,86	1,83	1,85	1,92	2,01	2,06	2,05	1,96	1,88	1,85	1,81
8,667	2,26	2,23	2,14	2,15	2,13	2,12	2,09	2,15	2,25	2,27	2,26	2,13	2,02	1,95	1,89
7,333	2,50	2,55	2,53	2,51	2,53	2,47	2,49	2,51	2,58	2,59	2,56	2,41	2,24	2,17	2,16
6,000	2,96	2,89	2,88	2,88	2,82	2,75	2,87	2,87	2,92	2,95	3,02	2,91	2,65	2,52	2,46
4,667	3,45	3,42	3,30	3,18	3,01	2,86	2,88	2,90	2,89	2,99	3,13	3,15	2,99	2,92	2,87
3,333	3,28	3,47	3,53	3,48	3,35	3,11	2,88	2,77	2,62	2,61	2,66	2,70	2,67	2,72	2,77
2,000	2,47	2,88	3,14	3,32	3,29	3,14	2,88	2,62	2,44	2,29	2,20	2,13	2,02	2,06	2,16
0,667	1,61	1,95	2,31	2,61	2,82	2,74	2,54	2,37	2,18	2,01	1,84	1,72	1,54	1,52	1,55
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974

19,333	2,74	2,57	2,44	2,35
18,000	2,95	2,88	2,74	2,67
16,667	2,80	2,84	2,72	2,66
15,333	2,59	2,62	2,53	2,50
14,000	2,28	2,28	2,33	2,31
12,667	2,02	2,03	2,14	2,17
11,333	1,83	1,88	1,98	2,04
10,000	1,80	1,84	1,93	2,00
8,667	1,89	1,89	1,96	2,03
7,333	2,12	2,05	2,08	2,14
6,000	2,42	2,35	2,36	2,38
4,667	2,78	2,70	2,72	2,78
3,333	2,88	2,88	2,95	3,07
2,000	2,30	2,46	2,64	2,82
0,667	1,61	1,71	1,89	2,12
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553





Malla principal (4) : Luminancia (< -60,000; 14,000; 1,500) [cd/m²]

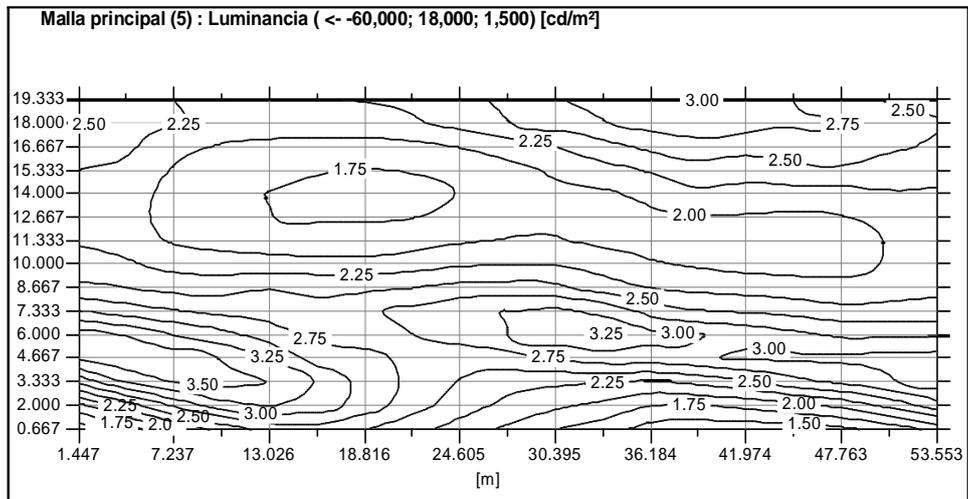




Malla principal (5) : Luminancia (<- -60,000; 18,000; 1,500) [cd/m²]

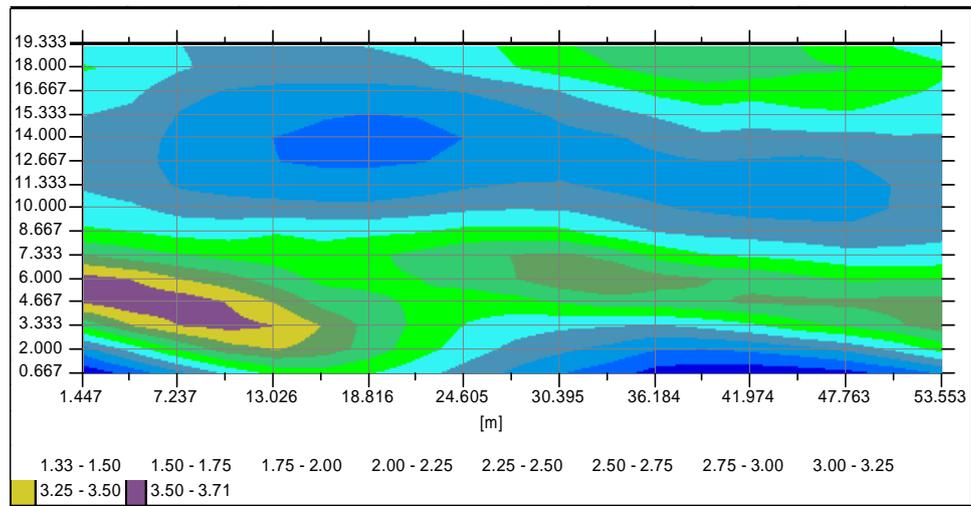
Min :	1,33	cd/m²	Med :	2,37	cd/m²	Máx :	3,71	cd/m²	Uo :	56,3	%	Ug :	35,9	%	
19,333	2,39	2,33	2,25	2,20	2,21	2,24	2,27	2,32	2,42	2,56	2,73	2,85	2,93	3,01	2,94
18,000	2,52	2,45	2,27	2,18	2,15	2,15	2,16	2,21	2,35	2,49	2,63	2,74	2,86	2,94	2,89
16,667	2,38	2,30	2,09	1,98	1,94	1,92	1,92	1,94	2,02	2,12	2,26	2,42	2,57	2,65	2,59
15,333	2,25	2,19	1,98	1,86	1,80	1,76	1,74	1,76	1,82	1,92	2,05	2,16	2,28	2,41	2,37
14,000	2,16	2,11	1,93	1,80	1,75	1,71	1,69	1,70	1,76	1,84	1,93	1,96	2,07	2,20	2,16
12,667	2,16	2,09	1,92	1,81	1,75	1,72	1,72	1,74	1,80	1,85	1,92	1,92	1,95	1,99	1,98
11,333	2,21	2,13	1,97	1,90	1,86	1,82	1,83	1,88	1,96	2,02	2,02	1,95	1,91	1,92	1,88
10,000	2,35	2,29	2,16	2,12	2,10	2,08	2,08	2,13	2,20	2,24	2,22	2,12	2,02	1,96	1,91
8,667	2,55	2,50	2,41	2,40	2,49	2,44	2,45	2,49	2,58	2,59	2,56	2,38	2,24	2,18	2,14
7,333	3,01	2,87	2,77	2,68	2,64	2,58	2,70	2,83	2,96	3,01	3,06	2,92	2,66	2,51	2,46
6,000	3,61	3,49	3,25	3,09	2,87	2,68	2,71	2,75	2,85	3,00	3,19	3,26	3,09	3,01	2,93
4,667	3,54	3,71	3,67	3,49	3,23	2,89	2,78	2,73	2,62	2,65	2,77	2,90	2,90	2,97	3,04
3,333	2,82	3,25	3,51	3,59	3,50	3,23	2,90	2,70	2,48	2,36	2,30	2,27	2,22	2,32	2,46
2,000	1,92	2,36	2,79	3,15	3,27	3,14	2,89	2,60	2,37	2,18	2,05	1,93	1,76	1,75	1,81
0,667	1,33	1,62	1,98	2,34	2,60	2,66	2,52	2,34	2,15	1,96	1,77	1,61	1,41	1,35	1,35
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974

19,333	2,75	2,61	2,47	2,40
18,000	2,78	2,76	2,62	2,53
16,667	2,64	2,69	2,55	2,46
15,333	2,44	2,46	2,39	2,36
14,000	2,17	2,16	2,23	2,22
12,667	1,95	1,99	2,08	2,12
11,333	1,86	1,91	2,01	2,07
10,000	1,90	1,94	2,02	2,08
8,667	2,10	2,05	2,11	2,18
7,333	2,41	2,33	2,34	2,35
6,000	2,82	2,71	2,71	2,71
4,667	3,05	3,05	3,09	3,11
3,333	2,67	2,80	2,97	3,14
2,000	1,92	2,07	2,32	2,63
0,667	1,38	1,44	1,60	1,83
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553





Malla principal (5) : Luminancia (< -60,000; 18,000; 1,500) [cd/m²]

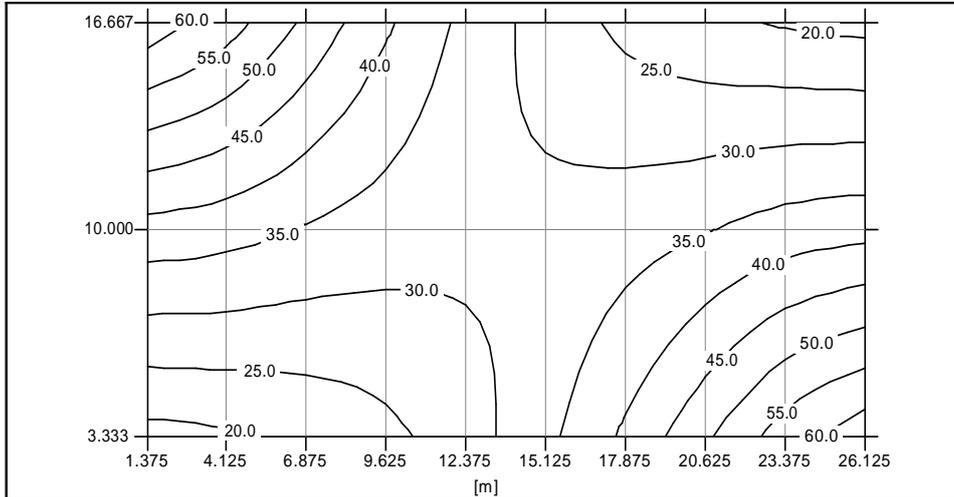




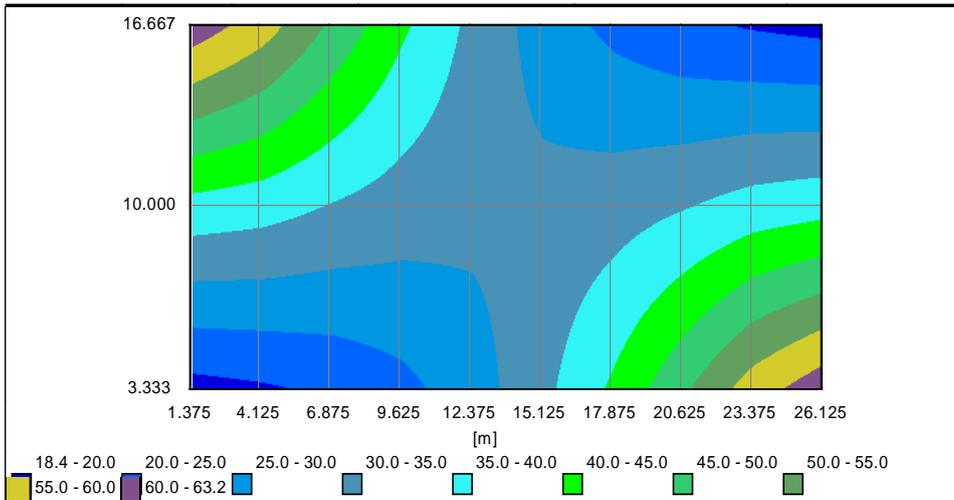
Malla principal (6) : Iluminancia [lux]

Min :	18,4	lux	Med :	35,2	lux	Máx :	63,2	lux	Uo :	52,2	%	Ug :	29,1	%
16,667	63,1	57,5	49,0	40,8	33,7	27,7	23,7	21,0	19,4	18,4				
10,000	38,2	37,0	34,7	32,6	31,3	31,3	32,7	34,7	37,1	38,2				
3,333	18,4	19,4	21,0	23,7	27,8	33,7	40,9	49,1	57,5	63,2				
Y/X	1,375	4,125	6,875	9,625	12,375	15,125	17,875	20,625	23,375	26,125				

Malla principal (6) : Iluminancia [lux]



Malla principal (6) : Iluminancia [lux]



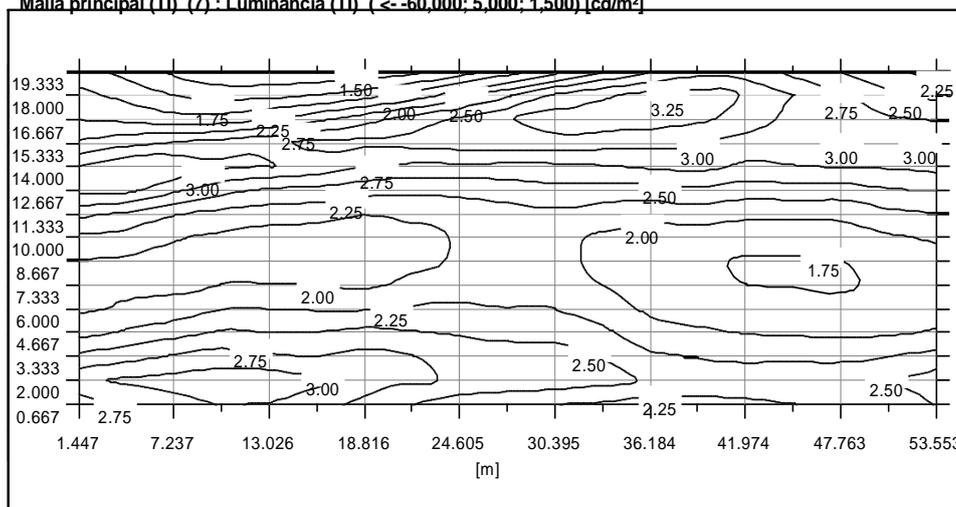


Min : 1,25 cd/m² Med : 2,37 cd/m² Máx : 3,41 cd/m² Uo : 52,8 % Ug : 36,7 %

19,333	1,85	1,66	1,44	1,29	1,25	1,27	1,30	1,40	1,59	1,85	2,16	2,46	2,72	2,91	2,87
18,000	2,07	1,92	1,74	1,65	1,67	1,75	1,86	2,07	2,38	2,71	3,03	3,20	3,32	3,35	3,23
16,667	2,23	2,18	2,08	2,09	2,23	2,42	2,64	2,85	3,04	3,23	3,38	3,41	3,38	3,30	3,15
15,333	2,53	2,65	2,75	2,85	2,95	3,06	3,07	3,10	3,13	3,15	3,17	3,11	3,08	3,02	2,90
14,000	3,01	3,20	3,23	3,07	3,02	2,91	2,77	2,70	2,71	2,69	2,70	2,74	2,79	2,82	2,71
12,667	3,07	3,08	2,81	2,58	2,47	2,43	2,34	2,31	2,31	2,35	2,42	2,42	2,39	2,47	2,37
11,333	2,57	2,46	2,27	2,18	2,11	2,08	2,01	2,04	2,12	2,17	2,20	2,12	2,08	2,11	2,06
10,000	2,19	2,14	2,02	1,95	1,88	1,87	1,88	1,94	2,02	2,07	2,07	1,96	1,89	1,87	1,84
8,667	1,98	1,95	1,91	1,90	1,88	1,86	1,85	1,94	2,03	2,07	2,08	1,94	1,84	1,79	1,73
7,333	1,90	1,94	1,94	2,00	2,01	2,00	1,96	2,06	2,13	2,14	2,12	2,00	1,86	1,80	1,75
6,000	1,96	2,04	2,09	2,25	2,25	2,23	2,23	2,28	2,30	2,26	2,25	2,14	1,95	1,87	1,84
4,667	2,16	2,28	2,41	2,53	2,50	2,51	2,58	2,52	2,48	2,43	2,41	2,30	2,11	2,04	1,99
3,333	2,57	2,66	2,78	2,86	2,80	2,76	2,83	2,76	2,64	2,62	2,61	2,49	2,30	2,23	2,18
2,000	2,94	3,04	3,10	3,15	3,15	3,06	2,93	2,79	2,71	2,66	2,65	2,59	2,47	2,44	2,44
0,667	2,62	2,79	2,91	3,01	2,99	2,87	2,65	2,51	2,37	2,32	2,25	2,22	2,15	2,16	2,20
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974

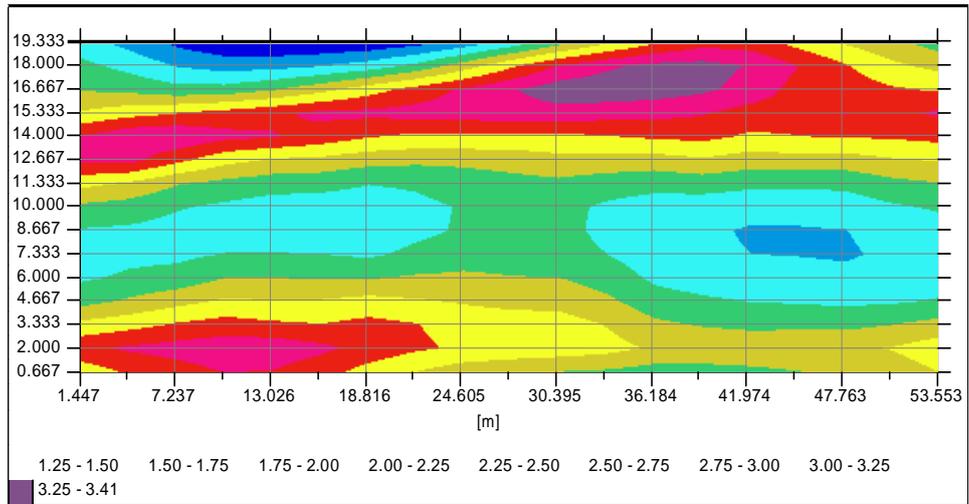
19,333	2,67	2,47	2,31	2,13
18,000	3,00	2,77	2,55	2,43
16,667	2,91	2,89	2,78	2,72
15,333	2,89	3,00	2,95	3,04
14,000	2,74	2,77	2,78	2,84
12,667	2,41	2,39	2,48	2,51
11,333	2,05	2,06	2,18	2,24
10,000	1,82	1,87	1,97	2,03
8,667	1,73	1,75	1,83	1,90
7,333	1,74	1,73	1,79	1,86
6,000	1,82	1,80	1,84	1,90
4,667	1,97	1,95	1,97	2,02
3,333	2,19	2,19	2,25	2,34
2,000	2,45	2,45	2,52	2,64
0,667	2,25	2,30	2,39	2,51
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553

Malla principal (TI) (7) : Luminancia (TI) (<- -60,000; 5,000; 1,500) [cd/m²]





Malla principal (TI) (7) : Luminancia (TI) (<- -60,000; 5,000; 1,500) [cd/m²]





Centro del carril 1 (8) : Uniformidades longitudinales (< -60,000; 2,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	2,15	cd/m ²	Med :	2,51	cd/m ²	Máx :	2,94	cd/m ²	Uo :	85,5	%	Ug :	73,0	%	
2,000	2,56	2,68	2,80	2,90	2,94	2,82	2,81	2,67	2,57	2,52	2,48	2,37	2,21	2,16	2,15
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
2,000	2,15	2,18	2,27	2,42											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											

Centro del carril 2 (9) : Uniformidades longitudinales (< -60,000; 6,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	1,83	cd/m ²	Med :	2,11	cd/m ²	Máx :	2,33	cd/m ²	Uo :	86,7	%	Ug :	78,5	%	
6,000	2,03	2,11	2,15	2,29	2,29	2,27	2,27	2,31	2,33	2,29	2,29	2,19	1,99	1,92	1,89
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
6,000	1,86	1,83	1,87	1,94											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											

Centro del carril 3 (10) : Uniformidades longitudinales (< -60,000; 10,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	1,75	cd/m ²	Med :	1,87	cd/m ²	Máx :	2,01	cd/m ²	Uo :	93,6	%	Ug :	87,1	%	
10,000	2,01	1,98	1,88	1,83	1,79	1,75	1,77	1,84	1,93	2,00	2,01	1,92	1,85	1,82	1,77
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
10,000	1,75	1,80	1,89	1,96											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											

Centro del carril 4 (11) : Uniformidades longitudinales (< -60,000; 14,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	1,85	cd/m ²	Med :	2,11	cd/m ²	Máx :	2,33	cd/m ²	Uo :	87,4	%	Ug :	79,2	%	
14,000	2,29	2,26	2,08	1,94	1,90	1,87	1,85	1,85	1,90	1,98	2,08	2,13	2,21	2,33	2,25
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
14,000	2,28	2,28	2,33	2,31											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											

Centro del carril 5 (12) : Uniformidades longitudinales (< -60,000; 18,000; 1,500) [cd/m²]

Min :	2,15	cd/m ²	Med :	2,51	cd/m ²	Máx :	2,94	cd/m ²	Uo :	85,7	%	Ug :	73,2	%	
18,000	2,52	2,45	2,27	2,18	2,15	2,15	2,16	2,21	2,35	2,49	2,63	2,74	2,86	2,94	2,89
Y/X	1,447	4,342	7,237	10,132	13,026	15,921	18,816	21,711	24,605	27,500	30,395	33,289	36,184	39,079	41,974
18,000	2,78	2,76	2,62	2,53											
Y/X	44,868	47,763	50,658	53,553											

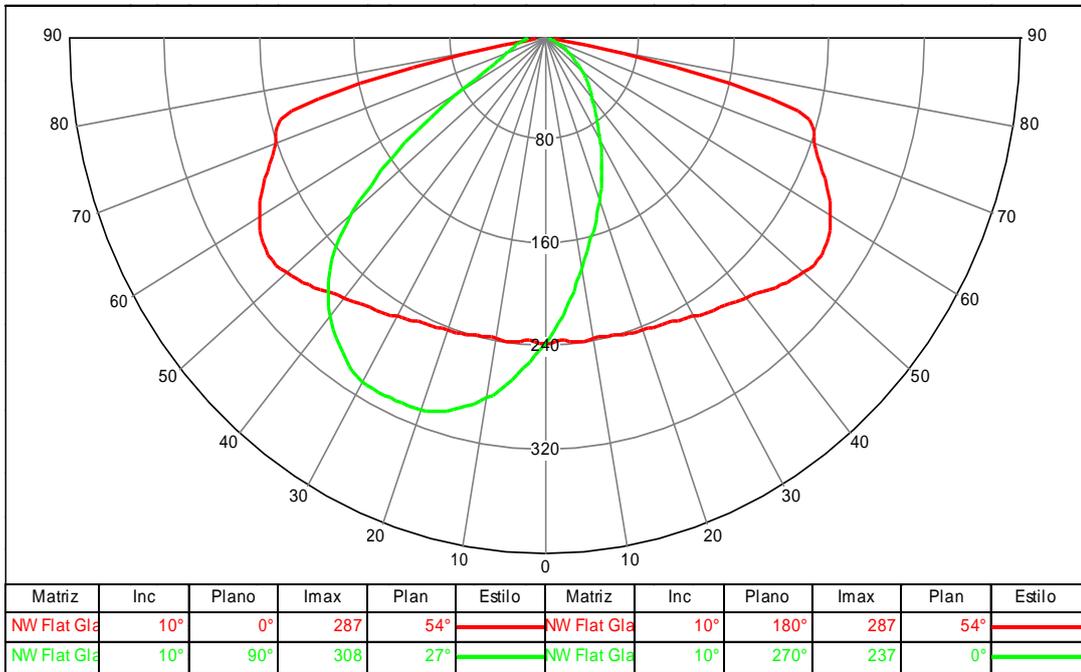


Documentos fotométricos

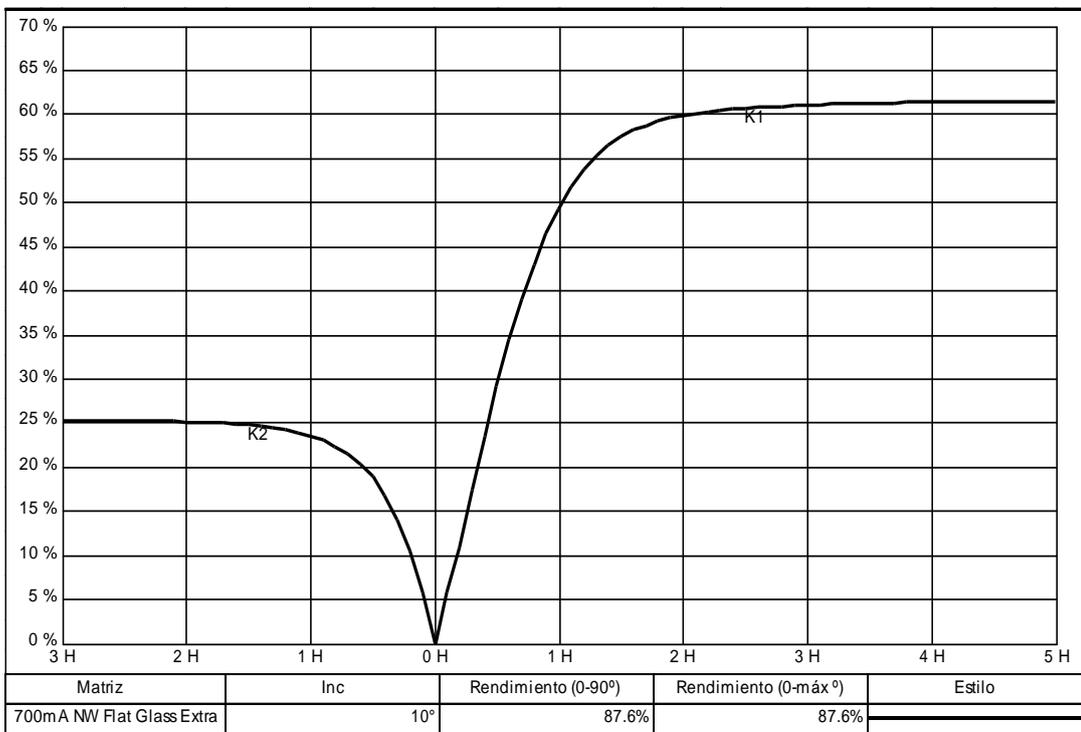
TECEO 2 5102

H:\Tesis Maestria IG- resumen\Matrices Lum\Simulación LED S Ulysses\Matrices LED S SCHREDER 2014\Teceo 2\TECEO 2 5102 128 LED 700mA NW Flat Glass Extra Clear Smooth324902 EF.ies

Diagrama Polar / Cartesiano



Curva de utilización





Proyecto :Vía TIPO M1



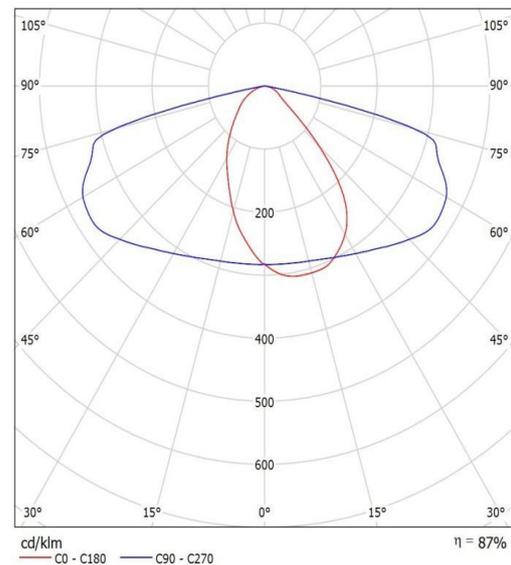
06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
Teléfono: 0984364916
Fax e-Mail

SCHREDER 324902 TECEO 2 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 97 100 87

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto :Vía TIPO M1



06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
Teléfono: 0984364916
Fax e-Mail

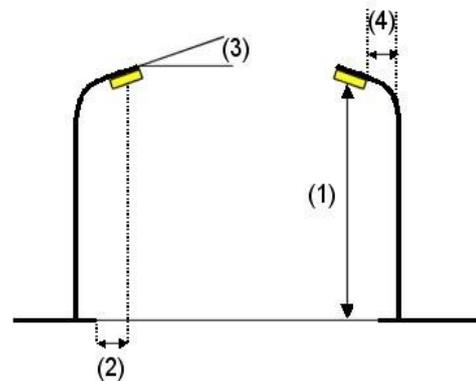
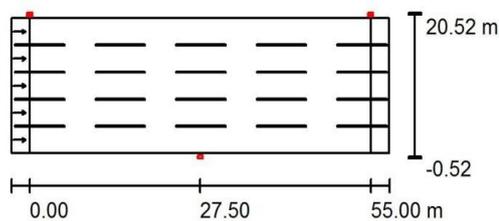
Calle 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 20.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 5, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.93

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SCHREDER 324902 TECEO 2
Flujo luminoso (Luminaria): 29853 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 34272 lm
Potencia de las luminarias: 296.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 55.000 m
Altura de montaje (1): 12.000 m
Altura del punto de luz: 11.883 m
Saliente sobre la calzada (2): -0.500 m
Inclinación del brazo (3): 10.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad luminica
con 70°: 459 cd/klm
con 80°: 369 cd/klm
con 90°: 7.53 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto :Vía TIPO M1



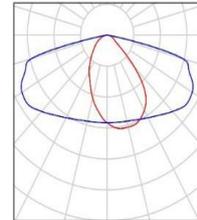
06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
Teléfono: 0984364916
Fax e-Mail

Calle 1 / Lista de luminarias

SCHREDER 324902 TECEO 2
N° de artículo: 324902
Flujo luminoso (Luminaria): 29853 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 34272 lm
Potencia de las luminarias: 296.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 78 97 100 87
Lámpara: 1 x 136 XP-G2 700mA NW [150lm - 350mA] (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





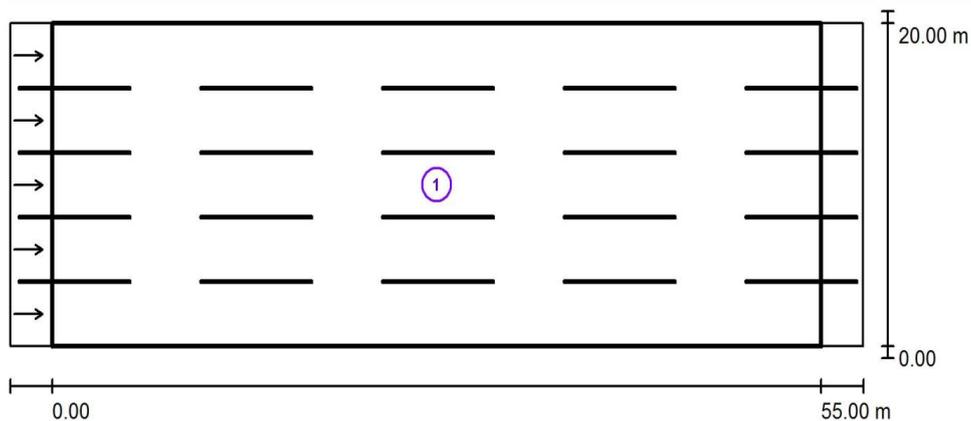
Proyecto :Vía TIPO M1



06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
Teléfono: 0984364916
Fax e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.93

Escala 1:437

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 55.000 m, Anchura: 20.000 m
Trama: 19 x 15 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	2.35	0.48	0.72	11	0.56
Valores de consigna según clase:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✗	✓



Proyecto :Vía TIPO M1

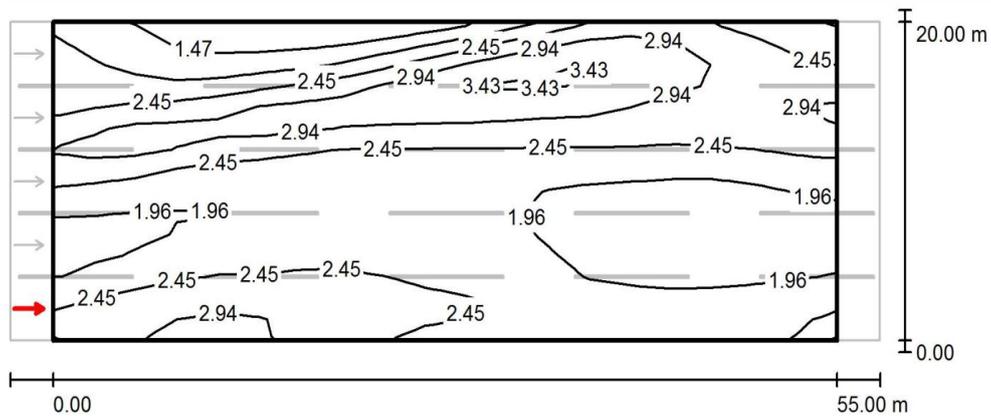


DIALux

06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
 Teléfono: 0984364916
 Fax e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 437

Trama: 19 x 15 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 2.000 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	2.35	0.48	0.72	10
Valores de consigna según clase ME1:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓



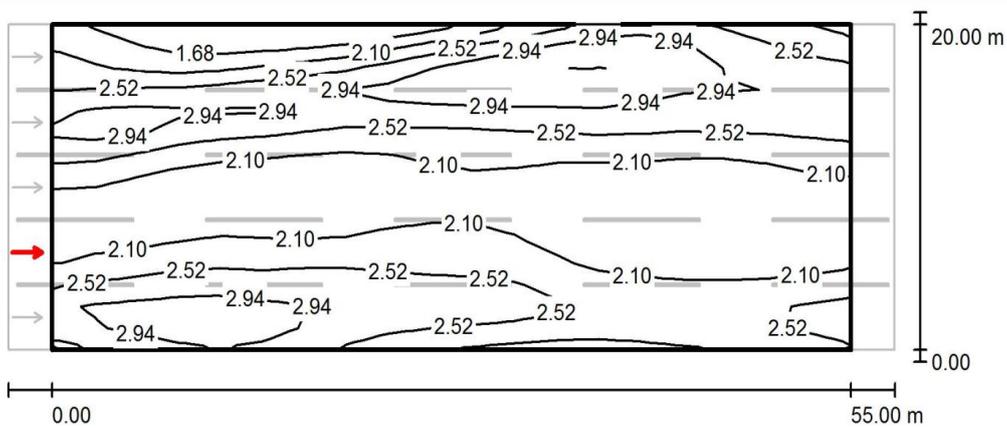
Proyecto :Vía TIPO M1



06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
 Teléfono: 0984364916
 Fax e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 437

Trama: 19 x 15 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 6.000 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	2.38	0.54	0.77	11
Valores de consigna según clase ME1:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumplido/No cumplido:		✓	✓	✓

X



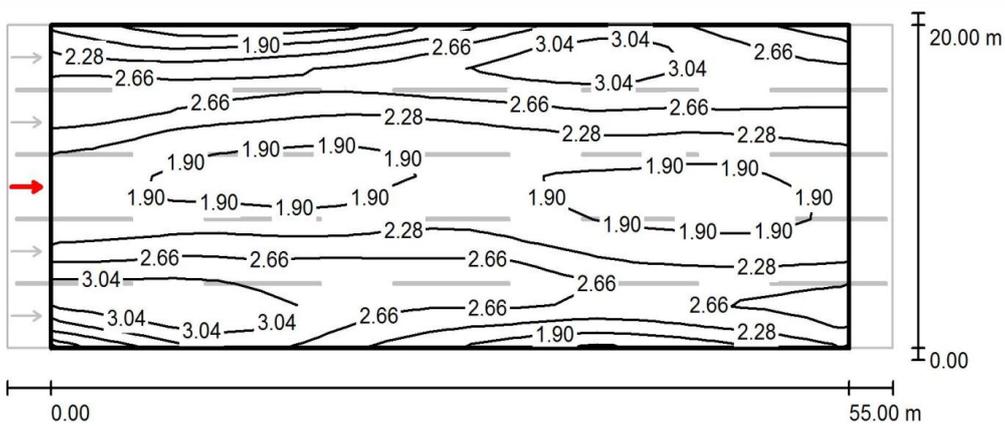
Proyecto :Vía TIPO M1



06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
 Teléfono: 0984364916
 Fax e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 437

Trama: 19 x 15 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 10.000 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	2.40	0.62	0.87	10
Valores de consigna según clase ME1:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	
✓				



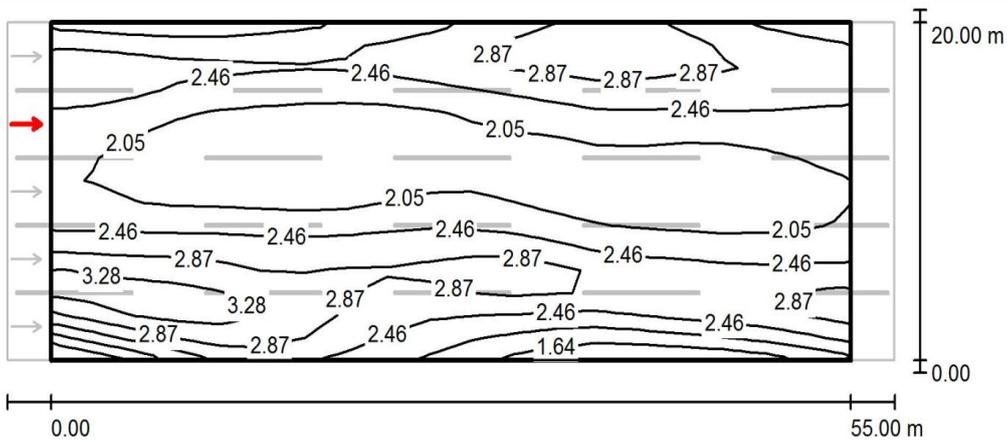
Proyecto :Vía TIPO M1



06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
 Teléfono: 0984364916
 Fax e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 4 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 437

Trama: 19 x 15 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 14.000 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	2.39	0.62	0.77	11
Valores de consigna según clase ME1:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumplido/No cumplido:		✓	✓	✓

✗



Proyecto :Vía TIPO M1

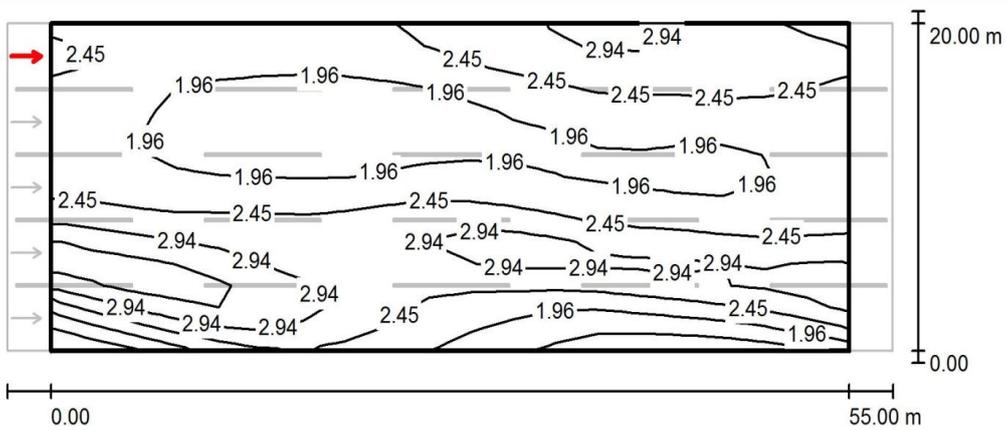


DIALux

06.01.2015

Proyecto elaborado por: IVÁN GENOVEZ
 Teléfono: 0984364916
 Fax e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 5 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 437

Trama: 19 x 15 Puntos
 Posición del observador: (-60.000 m, 18.000 m, 1.500 m)
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Valores reales según cálculo:	2.37	0.56	0.72	10
Valores de consigna según clase ME1:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	



ANEXO N° 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN - 02
		FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIA SIMPLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTE	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
1	CONDICIONES DE SERVICIO	
1.1	Tipo	Alumbrado Vial
1.2	Características Ambientales:	
1.2.1	Altura sobre el nivel del mar	hasta 3000 m
1.2.2	Humedad relativa	≥ 70%
1.2.3	Temperatura ambiente promedio	30° C
1.2.4	Condiciones de Instalación	A la intemperie, expuesto a lluvia, contaminación atmosférica, polvo e insectos
1.3	Características eléctricas del sistema:	
1.3.1	Tensión nominal - sistema monofásico	120 / 240 V
1.3.2	Tensión nominal - sistema trifásico	127 -
1.3.3	Frecuencia	60 Hz
2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
2.1	Tipo de luminaria	Horizontal - cerrada
2.2	Reparto de flujo luminoso	NO
2.3	Cuerpo de la luminaria (carcaza):	
2.3.1	Tipo	Enteriza
2.3.2	Material	Ver especificaciones particulares
2.4	Nivel del aislamiento entre sus partes vivas aisladas y entre ellas y las partes no activas	≥ 2 Megaohmios
2.5	Hermeticidad	
2.5.1	Conjunto óptico	Ver especificaciones particulares (IEC 60598-1)
2.5.2	Conjunto eléctrico	Ver especificaciones particulares - (IEC 60598-1)
2.6	Nivel de ruido a voltaje y frecuencia nominal	≤ 48 dB
2.7	Rango de tolerancia para la potencia nominal de la bombilla	± 7,5 % Pn
2.8	Factor de potencia	0,92 ≤ fp inductivo ≤ 1
2.9	Clase eléctrica	I (IEC 60598)
2.10	Sistema de cierre exterior	Enclavamiento mecánico para evitar que la luminaria se abra
2.11	Accesorios metálicos y tornillos	NO
2.12	Pintura:	
2.12.1	Tipo	Pintura en polvo poliéster de aplicación electrostática con proceso de secado al horno para uso a la
2.12.2	Espesor mínimo de la capa de pintura	40 micras
2.12.3	Coefficiente de adherencia de la pintura	Mayor al 85%
3	REFLECTOR INTERNO	
3.1	Material	Aluminio, con un mínimo de 99.5 % de pureza, con un factor de reflexión mínimo de 0.95, y 1mm de espesor, y de cuerpo diferente de la carcaza
3.2	Acabado	Abrillantado química o electrolíticamente, protegido con un proceso de oxidación anódica (mínimo 5
3.3	Incremento de tensión en los bornes de la lámpara	Ver especificaciones particulares
4	LENTE REFRACTOR ODIFUSOR (Cubierta transparente)	
4.1	Material	Ver especificaciones particulares
4.2	Resistencia a la intemperie	A la acción de los rayos ultravioleta y a cambios bruscos de temperatura
4.3	Transmitancia del refractor	Mayor al 85% al momento de instalación.
5	PORTABOMBILLA O PORTALÁMPARA	
5.1	Tipo de portalámpara	Tipo pesado
5.2	Tipo y características de la rosca	NO
5.3	Material del contacto central	Cobre iridiado, bronce, plata, níquel o aleaciones de cobre recubiertas por gruesas películas de níquel, siempre y cuando cumplan con las características tal como exige la IEC 60598-1
5.4	Material y características de la base que contiene los elementos metálicos de contacto	Porcelana eléctrica, de superficie homogénea, aislada para una tensión de servicio de 600 V
5.5	Voltaje mínimo del pulso sin sufrir ningún desperfecto	Ver especificaciones particulares (IEC-238 e IEC-
5.6	Puebas de calentamiento, nivel de aislamiento y coeficiente de dilatación.	EN 60061-1 A1/A21-A29



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN N.º 02 FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIA SIMPLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTE	DESCR	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
6	BOMBILLA - de vapor de sodio a alta presión (diferentes potencias)	Ver especificaciones particulares
7	BALASTO o BALASTRO	
7.1	Tipo	Electromagnético, reactor encapsulado
7.2	Normas de diseño, construcción y ensayos	IEC 60923-IEC 61347-1
7.3	Taps de funcionamiento	3
7.4	Tolerancia de los Taps	± 5 %
7.5	Características de conexión	N
7.6	Temperatura máxima permitida en el bobinado del balasto TW	130°C (IEC 60598-1)
7.7	Perdidas máximas admisibles	Ver especificaciones particulares
7.7.2	Paralelogramo de funcionamiento del balasto	IEC 61647-2-9 / IEC 60923
7.8	Material del núcleo de los balastos	Lámina magnética
7.9	Datos técnicos en etiqueta de identificación:	
7.9.1	Diagramas de conexión	Incluir
7.9.2	Temperatura máxima permitida en el bobinado del balasto (TW)	Incluir
7.9.3	Perdidas máximas admisibles	Incluir
8	IGNITOR O ARRANCADOR	
8.1	Diseño y fabricación	IEC 61347-2-1 / IEC 60927
8.2	Características del arrancador	Encapsulado, debe ser del tipo superposición universal fabricado en un material auto
8.3	Salidas del arrancador	Terminales tipo tornillo prisionero o conductores con aislamiento 105 °C, 600 V de long. mínima 20 cm. Los conductores deberán llevar marquillas para su identificación.
8.4	Temperatura máxima del envoltorio del arrancador.	105 °C
9	CONDENSADORES O CAPACITORES PARA ILUMINACION	
9.1	Tipo y características	Seco, provistos de resina y cubierta exterior plástica.
9.2	Capacidad	La adecuada para corregir el factor de potencia de acuerdo al numeral 2.8.
9.3	Tolerancia que garantice una variación con respecto al fp	± 0.25% según norma IEC 61049
9.4	Diseño y pruebas	IEC 61049 y EN 61049
9.5	Rango de temperatura	-25°C a +
9.6	Montaje	Será una unidad independiente del balasto y no podrán estar en contacto con él.
9.7	Salidas del Condensador	Tornillos prisioneros o cables terminales de una longitud mínima de 20 cm. Los conductores deberán llevar marquillas para su identificación
10	FOTOCONTROL O FOTOCELULA	DE ACUERDO A REQUERIMIENTO DEL
10.1	Tipo y características	Electrónico (no se acepta sensor de sulfito de
10.2	Diseño y fabricación	ANSI C136.10-2006, que funcione con nivel de iluminación de 16 ± 6 luxes, con un varistor MOV
10.3	Base del fotocontrol	Instalado en la parte superior de la carcasa de la luminaria
10.4	Material de los contactos de conexión del receptáculo	Resortado con un recubrimiento de plata o estaño, con espesor mínimo de 1.5
10.5	Número de operaciones on / off	mayor o igual a 5 000
10.6	Modo de funcionamiento	Fail - off
11	BORNERAS DE CONEXIÓN	
11.1	Material	Termoplástico autoextinguible con clase térmica >= 900C
11.2	Normas de diseño y pruebas	IEC
11.3	Tipo de terminales	N
11.4	Borne o terminal de tierra que permita la conexión del conductor de tierra y de todos los elementos metálicos de la luminaria no portadores de corriente	IEC 60598-1
12	MARCACIÓN	N
13	ELEMENTOS DE SUJECIÓN, BRAZOS Y ACCESORIOS MECÁNICOS	
13.1	Galvanizado y espesor mínimo promedio por pieza	En caliente (de acuerdo a última revisión de ASTM A 123 v A 153): 65 um



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN Nº: 02 FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIA SIMPLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTE	DESC	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
13.2	Detalles constructivos	N
13.3	Longitud del brazo "L" y el ángulo de inclinación	N
14	EMBALAJE Y TRANSPORTE	N
15	PRUEBAS Y CERTIFICADOS	
15.1	Pruebas especiales fotométricas	
15.1.2	Certificado de cumplimiento de pruebas de fotometría:	
15.1.2.1	Matriz de intensidades fotométrica: impresa y en formato digital (extensión IEC)	
15.1.2.2	Diagrama polar	NOTA 10 Y NOTA 12
15.1.2.3	Curvas Isolux	
15.1.2.4	Curvas de coeficiente de utilización	
15.1.2.5	Los cálculos fotométricos serán según lo estipulado la CIE 115 2010, para la aplicación de la vía solicitada	NO TA
15.2	Pruebas especiales mecánicas	
15.2.1	Certificado de cumplimiento de ensayos de hermeticidad según IEC 60598	NOTA 10 Y NOTA 12
15.2.2	Certificado de cumplimiento de ensayos de resistencia mecánica según IEC 60598	
	Para carcaza no metálica, adicionalmente se presentarán:	
15.2.2.3	Certificado de autoextinguibilidad UL 94	NO TA
15.2.2.4	Ensayo de simulación, resistencia y reacción al fuego según norma IEC 60695-1-1	
15.2.2.4.1	Ensayo de propiedades fundamentales según norma IEC 60695-1-1	NO TA 12
15.3	Pruebas generales de los accesorios eléctricos	
15.3.1	Balastos: Pérdidas del balasto, aumento de la temperatura, curva de funcionamiento (Trapecio).	
15.3.2	Bombillas: Curva de vida útil, Tensión y corriente nominal en la bombilla en el período de régimen estable, corriente de arranque, ensayo	
15.3.3	Arrancador: Tensión de pulso, ancho de pulso, cantidad de pulsos por ciclo, rigidez dieléctrica, destructivo para verificar la construcción y su resistencia al calor y al fuego.	
15.3.4	Condensador: Descarga del condensador, medida de la temperatura, medida de la capacidad, ensayo de humedad.	
15.3.5	Fotocontrol: Capacidad de conexión y duración de los contactos electromecánicos, hermeticidad, operación, límites de funcionamiento.	N O T A 12
15.3.6	Conmutador: Rigidez dieléctrica, autoextinguibilidad del envase, verificación del tiempo de temporización del conmutador.	
15.4	Certificado de cumplimiento de normas de fabricación	
15.5	Certificado de cumplimiento del ensayo de la llama cónica para las partes en material aislante, que mantienen en su lugar las partes vivas (IEC	
15.6	Certificado de cumplimiento del ensayo utilizando un alambre de Ni-Cr incandescente calentado a 650 °C para las partes de	
NOTAS:		
1	Asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180 grados	



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN: 02
		FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIA SIMPLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTE	DE	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/
2		Los tornillos y accesorios metálicos serán recubiertos mediante procesos de galvanizado en caliente para los expuestos al medio ambiente (ASTM A123 y ASTM A153) y recubiertos con procesos de galvanizado electrolítico o en caliente para los que estén al interior.
3		Rosca tipo EDISON iridiado o niquelada (E-27 para lámparas de 70W; E-40 para lámparas de 100W, 150W, 250 W y 400W) fabricados conforme a las normas IEC-238 e IEC-598 o equivalentes
4		Conductores con un aislamiento que soporte temperaturas mayores o iguales a 105°C y tensiones de hasta 600V. La punta terminal del conductor deberá ser estañada
5		Tornillos prensores, los terminales serán aptos para la conexión de mínimo dos conductores calibre No. 14 AWG con una longitud mínima de estañado de 10 mm en sus puntas
6		Las Luminarias tendran inscritos en una etiqueta adhesiva de polipropileno, con letra visible, resistente a la intemperie y a la temperatura, que irá impregnada en el cuerpo de la luminaria(no sobre la luminaria) y contendrá: - Nombre del fabricante - Año de fabricación - Referencia o modelo de la luminaria - Fecha de compra / venta - Potencia y voltaje de utilización - Garantía del proveedor
7		El galvanizado se lo hará posterior a la ejecución de cortes, perforaciones, dobleces y soldaduras; y el acabado de todas las piezas deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes.
8		La dimensión del brazo y la inclinación del mismo, se definirán sobre la base del cumplimiento de los parámetros de cálculo establecidos en la CIE-140 y con las recomendaciones fotométricas de la CIE-115 2010.
9		Realizadas y aprobadas las inspecciones y pruebas en fábrica, el contratista deberá preparar todos los bienes para ser embalados de manera que no sufran deterioro durante el manipuleo, transporte y almacenaje. El transporte de los materiales se hará por cuenta y riesgo del proveedor.
10		El proveedor entregará la siguiente documentación: 1.- Las pruebas de fotometría, ensayos de hermeticidad (IP), ensayos de resistencia mecánica (IK), , aplicables a las luminarias de alumbrado publico, tienen que ser expedidos por un Laboratorio Acreditado. Las Certificaciones exigidas, deberán ser apostilladas en el país de origen y avaladas por el OAE.
11		Certificado de Flamabilidad y Autoextinguibilidad emitido por un laboratorio acreditado y calificado por la Norma ISO IEC 17025. Las Certificaciones exigidas, deberán ser apostilladas en el país de origen y avaladas por el OAE.
12		Certificados emitidos por Laboratorios Acreditados por un organismo de acreditación con reconocimiento internacional IEC o ANSI, apostillados en el país de origen y avaladas por el OAE.
13		La metodología de cálculo que el software utilice para los cálculos lumínicos, deberá corresponder o lo estipulado en la norma CIE 140 2000 y avalada por un laboratorio acreditado.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN: 02
		FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIAS DOBLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTEM	DESCR	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
1	CONDICIONES DE SERVICIO	
1.1	Tipo	Alumbrado Vial
1.2	Características Ambientales:	
1.2.1	Altura sobre el nivel del mar	hasta 3000 m
1.2.2	Humedad relativa	≥ 70%
1.2.3	Temperatura ambiente promedio	30° C
1.2.4	Condiciones de Instalación	A la intemperie, expuesto a lluvia, contaminación atmosférica. no
1.3	Características eléctricas del sistema:	
1.3.1	Tensión nominal - sistema monofásico	120 /
1.3.2	Tensión nominal - sistema trifásico	210 / 121 V - 220 / 127 V
1.3.3	Frecuencia	6
2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
2.1	Tipo de luminaria	Horizontal -
2.2	Reparto de flujo luminoso	N
2.3	Cuerpo de la luminaria (carcaza):	
2.3.1	Tipo	Enteriza
2.3.2	Material	Ver especificaciones particulares
2.4	Nivel del aislamiento entre sus partes vivas aisladas y entre ellas y las partes no activas	≥ 2
2.5	Hermeticidad	Mecánica
2.5.1	a) Conjunto óptico	Ver especificaciones particulares (IEC 60598-1)
2.5.2	b) Conjunto eléctrico	Ver especificaciones particulares - (IEC 60598-
2.6	Nivel de ruido a voltaje y frecuencia nominal	≤ 48 dB
2.7	Rango de tolerancia para la potencia nominal de la bombilla	± 7,5 % Pn
2.8	Factor de potencia para cada nivel (Normal y Reducido)	0,92 ≤ fp inductivo ≤ 1
2.9	Clase eléctrica	I (IEC
2.10	Sistema de cierre exterior	Enclavamiento mecánico para evitar que la luminaria se abra
2.11	Accesorios metálicos y tornillos	N
2.12	Pintura:	
2.12.1	Tipo	Pintura en polvo poliéster de aplicación electrostática con proceso de secado al horno
2.12.2	Espesor mínimo de la capa de pintura	40 micras
2.12.3	Coefficiente de adherencia de la pintura	Mayor al 85%
3	REFLECTOR INTERNO	
3.1	Material	Aluminio, con un mínimo de 99.5 % de pureza, con un factor de reflexión mínimo de 0.95, y 1mm de espesor, y de cuerpo diferente de la carcaza
3.2	Acabado	Abrillantado química o electrolíticamente, protegido con un proceso de oxidación anódica
3.3	Incremento de tensión en los bornes de la lámpara	Ver especificaciones particulares
4	LENTE REFRACTOR O DIFUSOR (Cubierta transparente)	
4.1	Material	Vidrio templado liso, alta resistencia al impacto
4.2	Resistencia a la interperie	A la acción de los rayos ultravioleta y a cambios bruscos de temperatura
4.3	Transmitancia del refractor	Mayor al 85% al momento de instalación.
5	PORTABOMBILLA O PORTALÁMPARA	
5.1	Tipo de portalámpara	Tipo
5.2	Tipo y características de la rosca	N
5.3	Material del contacto central	Cobre iridiado, bronce, plata, níquel o aleaciones de cobre recubiertas por gruesas películas de níquel, siempre y cuando cumplan con las características tal como exige la IEC 60598-1 con BIL de 4kV
5.4	Material y características de la base que contiene los elementos metálicos de contacto	Porcelana eléctrica, de superficie homogénea, aislada para una tensión de servicio de



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN: 02
		FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIAS DOBLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
5.5	Voltaje mínimo del pulso sin sufrir ningún desperfecto	Ver especificaciones particulares (IEC-238 e IEC-500)
5.6	Pruebas de calentamiento, nivel de aislamiento y coeficiente de dilatación.	EN 60061-1 A1/A21-A29
6	BOMBILLA - de vapor de sodio a alta presión (diferentes potencias)	Ver especificaciones particulares
7	BALASTO o BALASTRO	
7.1	Tipo	Electromagnético, reactor encapsulado de doble nivel de potencia
7.2	Normas de diseño, construcción y ensayos	EN 60922, 60923 - IEC 923 - NTC 2117, 2118 (la norma EN o IEC 60922 no existe ya que ésta consta como el borrador de la norma IEC 60923, adicionalmente a este se le debe adicionar la norma IEC 61347-1, la misma que corresponde a los requerimientos
7.3	Taps de funcionamiento	2
7.4	Tolerancia de los Taps	±
7.5	Características de conexión	NO
7.6	Temperatura máxima permitida en el bobinado del balasto TW	130°C (IEC 60598-1)
7.7	Paralelogramo de funcionamiento del balasto	IEC 61647-2-9 / IEC 60923
7.8	Material del núcleo de los balastos	Lámina magnética
7.8	Datos técnicos en etiqueta de identificación:	
7.8.1	Diagramas de conexión	Incluir
7.8.2	Temperatura máxima permitida en el bobinado del balasto (TW)	Incluir
8	TEMPORIZADOR (RELE DE CONMUTACIÓN)	
8.1	Tipo	Encapsulado
8.2	Tensión de arranque	≤ 198 V
8.3	Tensión de desconexión	> 170
8.4	Tensión de alimentación	220V ± 10%
8.5	Temporización	5,5 horas
8.6	Temperatura máxima de operación (tc)	≤ 85°C
9	IGNITOR O ARRANCADOR	
9.1	Diseño y fabricación	IEC 61347-2-1 - IEC 60927
9.2	Características del arrancador	Encapsulado, debe ser del tipo superposición universal fabricado en un material auto
9.3	Salidas del arrancador	Terminales tipo tornillo prisionero o conductores con aislamiento 105 °C, 600 V de long. mínima 20 cm. Los conductores deberán llevar marquillas para su identificación.
9.4	Temperatura máxima del envoltorio del arrancador.	10
10	CONDENSADORES O CAPACITORES PARA ILUMINACIÓN	
10.1	Tipo y características	Seco, provistos de resina y cubierta exterior plástica.
10.2	Tolerancia que garantice una variación con respecto al fp	± 0.25% según norma IEC 61049
10.3	Capacidades	La adecuada para corregir el factor de potencia en cada nivel independientemente, de acuerdo al
10.4	Diseño y pruebas	IEC 61049 y EN 61049
10.5	Rango de temperatura	-25°C a +
10.6	Montaje	Será una unidad independiente del balasto y no podrán estar en contacto.
10.7	Salidas del condensador	Tornillos prisioneros o cables terminales de una longitud no menor de 20 cm
11	FOTOCONTROL O FOTOCELULA	
11.1	Tipo y características	Electrónico (no se acepta sensor de sulfuro de cadmio)
11.2	Diseño y fabricación	ANSI C136.10-2006, que funcione con nivel de iluminación de 16 ± 6 luxes, con un varistor MOV de 360 Julios
11.3	Base del fotocontrol	Instalado en la parte superior de la carcasa de la luminaria



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN 02 FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIAS DOBLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTEM	DESCR	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
11.4	Material de los contactos de conexión del receptáculo	Resortado con un recubrimiento de plata o estaño, con espesor mínimo de 1,5 mayor a 5 000
11.5	Número de operaciones on / off	Fail - off
11.6	Modo de funcionamiento	Fail - off
12	BORNERAS DE CONEXIÓN	
12.1	Material	Termoplástico autoextinguible con clase térmica superior a 90°C
12.2	Normas de diseño y pruebas	IEC
12.3	Tipo de terminales	NO
12.4	Borne o terminal de tierra que permita la conexión del conductor de tierra y de todos los elementos metálicos de la luminaria no portadores de	IEC 60598-1
13	MARCACIÓN	NO
14	ELEMENTOS DE SUJECIÓN, BRAZOS Y ACCESORIOS MECÁNICOS	
14.1	Galvanizado y espesor mínimo promedio por pieza	En caliente (de acuerdo a ultima revisión de ASTM A 123
14.2	Detalles constructivos	NOTA 7
14.3	Longitud del brazo "L" y el ángulo de inclinación	NO
15	EMBALAJE Y TRANSPORTE	NO
16	PRUEBAS Y CERTIFICADOS	
17.	Pruebas especiales fotométricas	
17.1	Certificado de cumplimiento de pruebas de fotometría:	
17.1.2	Matriz de intensidades fotométrica: impresa y en formato digital (extensión IES)	
17.1.3	Diagrama polar, en formato digital e impreso	
17.1.4	Curvas Isolux, en formato digital e impreso	
17.1.5	Curvas de coeficiente de utilización, en formato digital e impreso	
17.2	Los cálculos fotométricos serán según lo estipulado la CIE 115 2010, para la aplicación de la vía solicitada	NOTA 12
18.	Pruebas especiales mecánicas	
18.1	Certificado de cumplimiento de ensayos de hermeticidad según IEC 60598	
18.2	Certificado de cumplimiento de ensayos de resistencia mecánica según IEC 60598	
18.3	Pruebas generales de los accesorios eléctricos	
18.3.1	Balastos: Pérdidas del balasto, aumento de la temperatura, curva de funcionamiento (Trapecio).	
18.3.2	Bombillas: Curva de vida útil, Tensión y corriente nominal en la bombilla en el período de régimen estable, corriente de arranque, ensayo de tensión	
18.3.3	Arrancador: Tensión de pulso, ancho de pulso, cantidad de pulsos por ciclo, rigidez dieléctrica, destructivo para verificar la construcción y su resistencia al calor y al fuego.	
18.3.4	Condensador: Descarga del condensador, medida de la temperatura, medida de la capacidad, ensayo de humedad.	NOTA 11
18.3.5	Fotocontrol: Capacidad de conexión y duración de los contactos electromecánicos, hermeticidad, operación, límites de funcionamiento.	
18.3.6	Conmutador: Rigidez dieléctrica, autoextinguibilidad del envase, verificación del tiempo de temporización del conmutador.	
18,4	Certificado de cumplimiento de normas de fabricación	
NOTAS:		



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		REVISIÓN: 02
		FECHA: 25 marzo 2011
LUMINARIAS DOBLE NIVEL DE POTENCIA CON LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN		
ÍTEM	DESCRÍ	ESPECIFICACIONES/ CERTIFICADOS/ NORMAS
1	Asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180 grados.	
2	Los tornillos y accesorios metálicos serán recubiertos mediante procesos de galvanizado en caliente para los expuestos al medio ambiente (ASTM A123 y ASTM A153) y recubiertos con procesos de galvanizado electrolítico o en caliente para los que estén al interior.	
3	Rosca tipo EDISON iridiado o niquelada (E-27 para lámparas de 70W; E-40 para lámparas de 100W, 150W, 250 W y 400W) fabricados conforme a las normas IEC-238 e IEC-598 o equivalentes	
4	Conductores con un aislamiento que soporte temperaturas mayores o iguales a 105°C y tensiones de hasta 600V. La punta terminal del conductor deberá ser estañada	
5	Tornillos prensores, los terminales serán aptos para la conexión de mínimo dos conductores calibre No. 14 AWG con una longitud mínima de estañado de 10 mm en sus puntas	
6	Las Luminarias tendran inscritos en una etiqueta adhesiva de polipropileno, con letra visible, resistente a la intemperie y a la temperatura, que irá impregnada en el cuerpo de la luminaria(no sobre la luminaria) y contendrá: - Nombre del fabricante - Año de fabricación - Referencia o modelo de la luminaria - Fecha de compra/venta - Potencia y voltaje de utilización - Garantía del proveedor	
7	El galvanizado se lo hará posterior a la ejecución de cortes, perforaciones, dobleces y soldaduras; y el acabado de todas las piezas deberá mostrar una superficie lisa, libre de rugosidades y aristas cortantes.	
8	La dimensión del brazo y la inclinación del mismo, se definirán sobre la base del cumplimiento de los parámetros de cálculo establecidos en la CIE-140 y con las recomendaciones fotométricas de la CIE-115 2010.	
9	Realizadas y aprobadas las inspecciones y pruebas en fábrica, el contratista deberá preparar todos los bienes para ser embalados de manera que no sufran deterioro durante el manipuleo, transporte y almacenaje. El transporte de los materiales se hará por cuenta y riesgo del proveedor.	
10	El proveedor entregará la siguiente documentación: 1.- Las pruebas de fotometría, ensayos de hermeticidad (IP), ensayos de resistencia mecánica (IK), , aplicables a las luminarias de alumbrado publico, tienen que ser expedidos por un Laboratorio Certificado. Las Certificaciones exigidas, deberán ser apostilladas en el país de origen y avaladas por el OAE.	
11	Certificados emitidos por Laboratorios Acreditados por un organismo de acreditación con reconocimiento internacional IEC o ANSI, apostillados en el país de origen y avaladas por el OAE.	
12	La metodología de cálculo que el software utilice para los cálculos lumínicos, deberá corresponder o lo estipulado en la norma CIE 140 2000 y avalada por un laboratorio acreditado.	

ITEM	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	POTENCIA NOMINAL (W)	CUERPO DE LA LUMINARIA (CARCAZA)	REFRACTIVO O DIFUSOR	HERMETICIDAD		VOLTAJE MÁXIMO DEL PULSO SIN SUPER DESPERFECTOS	COMPENSACION DE FACTOR DE POTENCIA	Incremento de tensión en bombas de lámpara IEC-682	Vida útil mínima de la bombilla [horas]	Flujo luminoso mínimo de la bombilla [lúmenes]	Máxima Corriente en la bombilla IEC-682		Pérdidas Máximas (W) a 240V del balasto (Nivel Simple)	Aplicación recomendada por tipo de vía
					C.T.O. ELÉCTRICO	C.T.O. ÓPTICO						Nominal (A) ± 6%	Arranque (A)		
1	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 70 W	70	Aluminio Inyectado	Vidrio templado liso, alta resistencia al impacto IK 08	≥IP65	≥IP65	2.5W		5 V	28 000	6 500	0.98	1.80	11	M6 Y M5
2	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 100 W	100	Aluminio Inyectado o Polipropileno Homopolimérico Autodirigible	Protección de Polimerización de alta resistencia IK 10	≥IP65	≥IP65	5 W	Se deberá garantizar que el factor de potencia sea siempre mayor o igual a 0.92	7 V	28 000	10 000	1.20	2.40	15	M5 Y M4
3	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 150 W	150			≥IP65	≥IP65	5W		7 V	32 000	17 200	1.80	3.00	19	M3
4	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 150 W DOBLE NIVEL DE POTENCIA 5.5 HORAS A POTENCIA NOMINAL Y EL RESTO DEL TIEMPO A POTENCIA REDUCIDA	150		Vidrio templado liso, alta resistencia al impacto IK 08	≥IP65	≥IP65	5W	Se deberá garantizar que el factor de potencia sea siempre mayor o igual a 0.92	7 V	32 000	17 200	1.80	3.00		M2
5	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 250 W DOBLE NIVEL DE POTENCIA 5.5 HORAS A POTENCIA NOMINAL Y EL RESTO DEL TIEMPO A POTENCIA REDUCIDA	250	Aluminio inyectado	Vidrio templado liso, alta resistencia al impacto IK 08	≥IP65	≥IP65	5W	Se deberá garantizar que el factor de potencia sea siempre mayor o igual a 0.92	10 V	32 000	33 000	2.95	5.20		M1 Y M2
6	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 400 W DOBLE NIVEL DE POTENCIA 5.5 HORAS A POTENCIA NOMINAL Y EL RESTO DEL TIEMPO A POTENCIA REDUCIDA	400			≥IP65	≥IP65	5W		12 V	32 000	55 000	4.50	7.50		M1



ANEXO N° 5

MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN **AV. LAS AMERICAS Y FRANCISCO ASCAZUBI (FRENTE AL MERCURIO)**

FECHA **2 de diciembre de 2013**

OBSERVACIONES: **DISPOSICIÓN CENTRAL**
Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

NORMA CIE.140-2000

$$flujo\ medio (f_m) = \left(\frac{\sum P_n}{\# puntos} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$Uniformidad (U_o) = \frac{Flujo\ minimo}{f_m} = \frac{\sum P_n}{\# puntos} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde:	Pn	numero de puntos que se considera en la matriz
	Ti	deslumbramiento
	f _m	flujo medio
	U _o	uniformidad media
	flujo minimo	Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	250W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	40m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	12m
-------------------	-----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

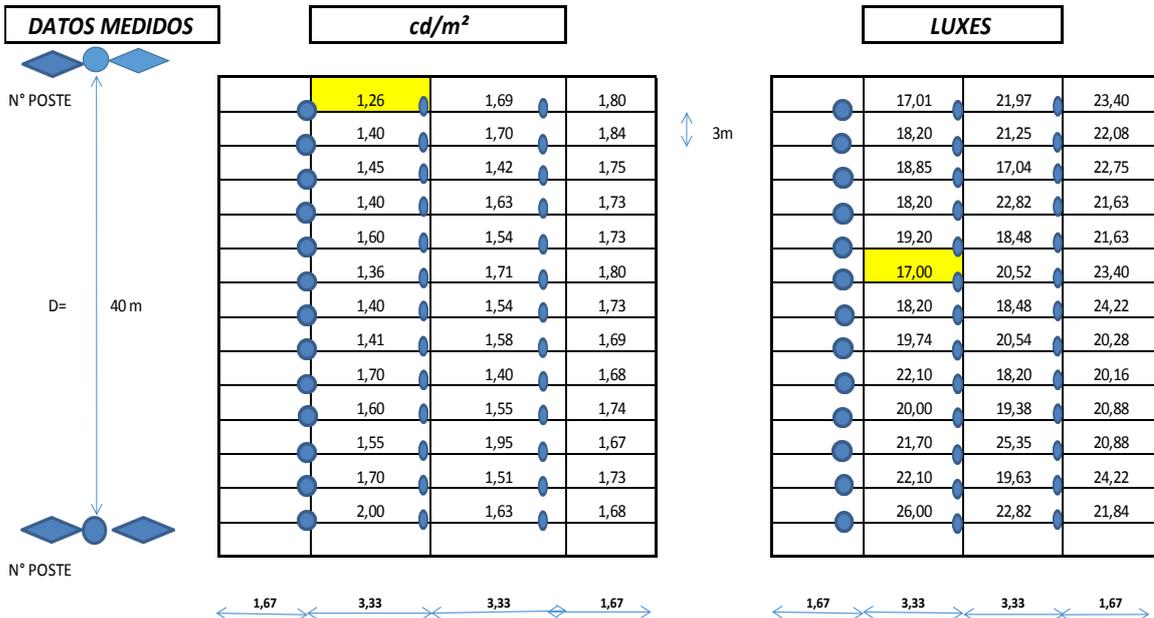
NUMERO DE CARRILES	TRES
--------------------	------

ANCHO DE CALZADA	10
------------------	----

VEREDAS	PARTERRE CENTRAL
	4m

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTEX HD450

TIPO DE VIA	M1
-------------	----



Flujomedio F_m =	1,622 cd/m^2
--------------------	----------------------------------

Fujo medio F_m =	20,82 Luxes
--------------------	--------------------

Uniformidad U_o =	77,69%
---------------------	---------------

Uniformidad U_o	81,64%
-------------------	---------------

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral T_i (%)	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_o	u_l	U_o		
M1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5

NO CUMPLE



MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN **GRAN COLOMBIA ENTRE PRESIDENTE BORRERO Y HNO MIGUEL**

FECHA **2 de diciembre de 2013**

OBSERVACIONES: **DISPOSICIÓN UNILATERAL**
Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

NORMA CIE.140-2000

$$\text{flujo medio}(f_m) = \left(\frac{\sum_n^o P_n}{\# \text{ puntos}} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$\text{Uniformidad}(U_o) = \frac{\text{Flujo minimo}}{\left(\frac{\sum_n^o P_n}{\# \text{ puntos}} \right)} = \frac{\text{Flujo minimo}}{f_m} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde:	P _n	numero de puntos que se considera en la matriz
	T _i	deslumbramiento
	f _m	flujo medio
	U _o	uniformidad media
	flujo minimo	Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	250W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	30m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	9m
-------------------	----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

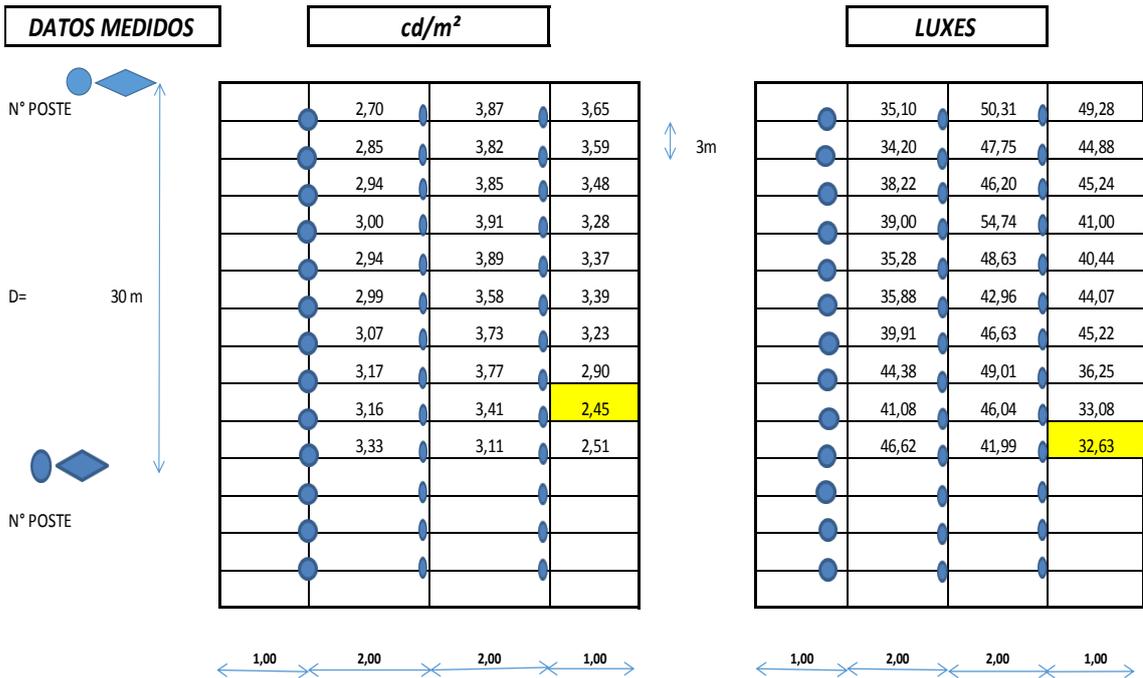
NUMERO DE CARRILES	UNO
--------------------	-----

ANCHO DE CALZADA	6
------------------	---

VEREDAS	A LOS DOS LADOS
	2m

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTECH HD450

TIPO DE VIA	M2
-------------	----



Flujo medio $F_m =$ **3,298 cd/m²**

Fujo medio $F_m =$ **42,53 Luxes**

Uniformidad $U_o =$ **74,29%**

Uniformidad $U_o =$ **76,72%**

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral $T_i(\%)$	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_n	U_l	U_n		
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5

CUMPLE



MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN AV. ENRIQUE ARIZAGA E ISAURO ROFRIGUEZ (MEDIO EJIDO)

FECHA 30 de noviembre de 2013

OBSERVACIONES: DISPOSICIÓN CENTRAL
Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

NORMA CIE.140-2000

$$\text{flujo medio}(f_m) = \left(\frac{\sum P_n}{\# \text{ puntos}} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$\text{Uniformidad}(U_o) = \frac{\text{Flujo minimo}}{\left(\frac{\sum P_n}{\# \text{ puntos}} \right)} = \frac{\text{Flujo minimo}}{f_m} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde:	Pn	numero de puntos que se considera en la matriz
	Ti	deslumbramiento
	fm	flujo medio
	Uo	uniformidad media
	flujo minimo	Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	250W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	40m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	10m
-------------------	-----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

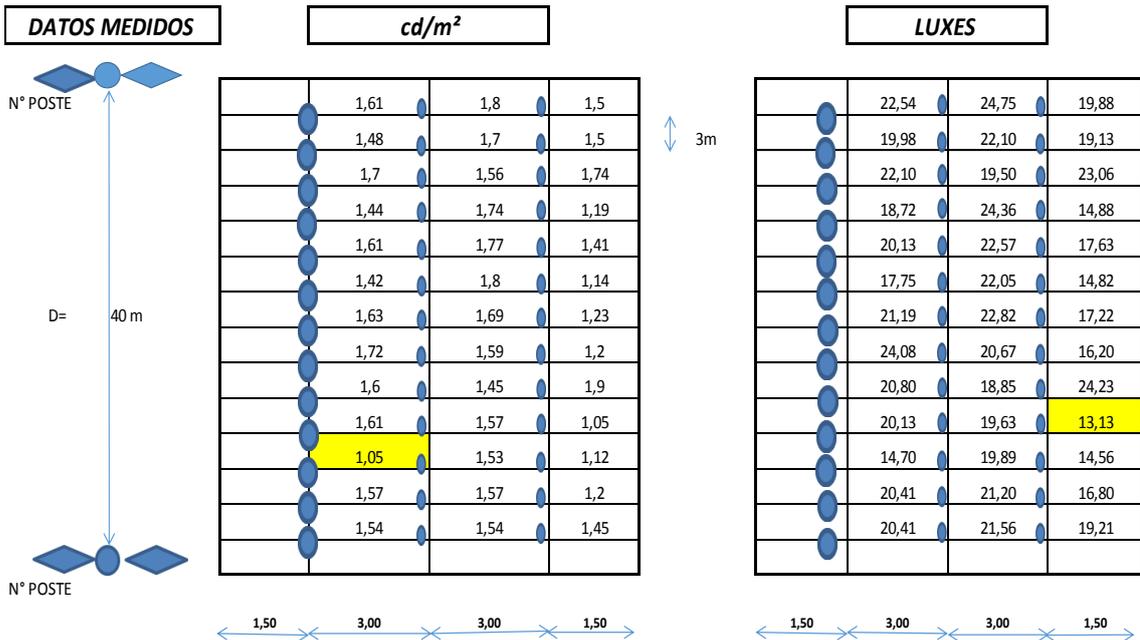
NUMERO DE CARRILES	DOS
--------------------	-----

ANCHO DE CALZADA	9
------------------	---

VEREDAS	PARTERRE CENTRAL 2,5m
---------	--------------------------

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTECH HD450

TIPO DE VIA	M2
-------------	----



Flujomedio $F_m =$	1,511 cd/m ²
--------------------	-------------------------

Fujo medio $F_m =$	19,84 Luxes
--------------------	-------------

Uniformidad $U_o =$	69,50%
---------------------	--------

Uniformidad U_o	66,17%
-------------------	--------

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral $T_i(\%)$	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_o	U_l	U_o		
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5

CUMPLE



MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN BOLÍVAR ENTRE HERMANO MIGUEL Y PRESIDENTE BORRERO

FECHA 2 de diciembre de 2013

OBSERVACIONES: DISPOSICIÓN UNILATERAL
Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

NORMA CIE.140-2000

$$\text{flujo medio}(f_m) = \left(\frac{\sum_n^o P_n}{\# \text{ puntos}} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$\text{Uniformidad}(U_o) = \frac{\text{Flujo minimo}}{\left(\frac{\sum_n^o P_n}{\# \text{ puntos}} \right)} = \frac{\text{Flujo minimo}}{f_m} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde:	Pn	numero de puntos que se considera en la matriz
	Ti	deslumbramiento
	fm	flujo medio
	Uo	uniformidad media
	flujo minimo	Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	250W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	30m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	9m
-------------------	----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

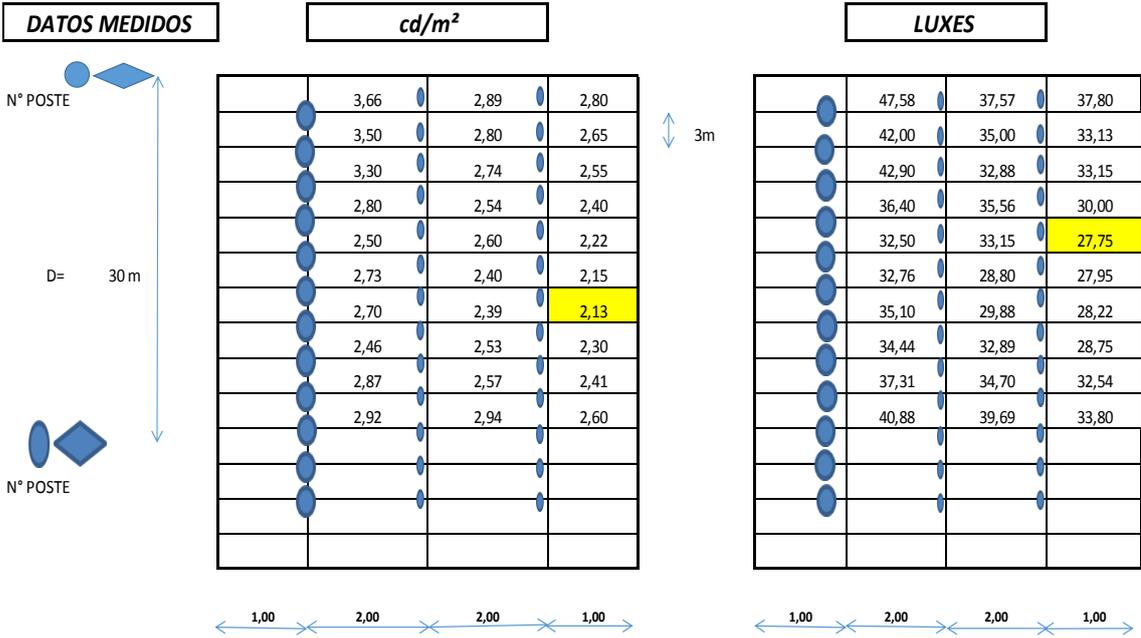
NUMERO DE CARRILES	UNO
--------------------	-----

ANCHO DE CALZADA	6
------------------	---

VEREDAS	A LOS DOS LADOS 2m
---------	-----------------------

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTECH HD450

TIPO DE VIA	M2
-------------	----



Flujo medio $F_m =$ 2,668 cd/m²

Fujo medio $F_m =$ 34,50 Luxes

Uniformidad $U_o =$ 79,83%

Uniformidad $U_o =$ 80,43%

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral $T_i(\%)$	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_o	U_i	U_o		
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5

CUMPLE



MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN	RAFAEL RAMIREZ ENTRE REMIGIO ROMERO Y ALFONSO BORRERO
FECHA	18 de marzo de 2014
OBSERVACIONES:	DISPOSICIÓN UNILATERAL Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	150W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	40m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	8m
-------------------	----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

NUMERO DE CARRILES	UNO
--------------------	-----

ANCHO DE CALZADA	6
------------------	---

VEREDAS	A LOS DOS LADOS
	1,5m

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTECH HD450

TIPO DE VIA	M4
-------------	----

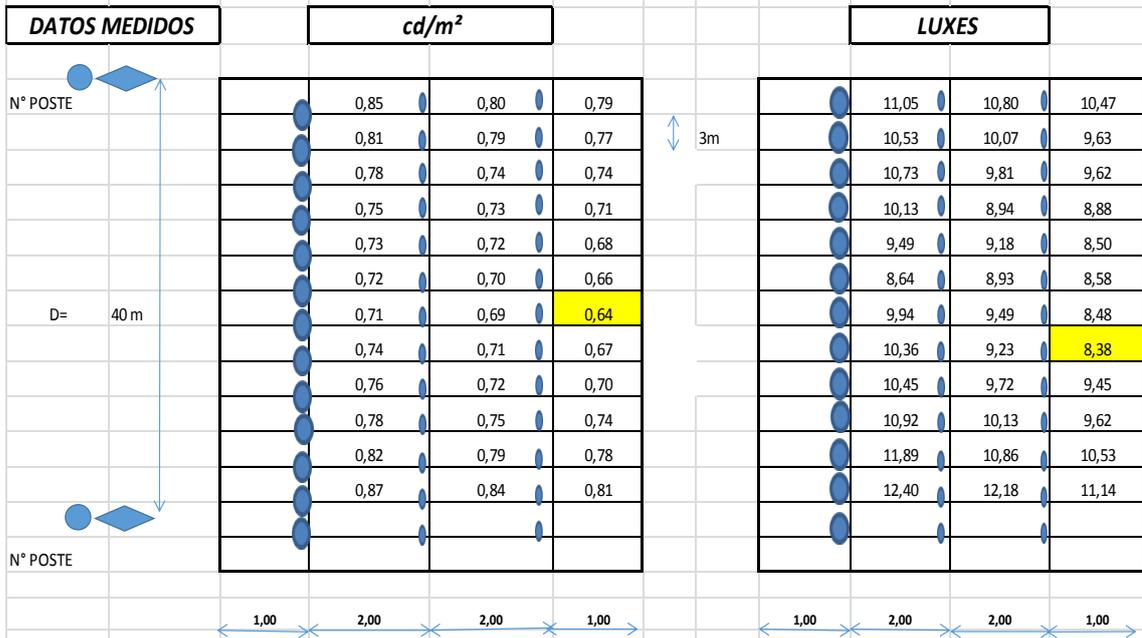
NORMA CIE.140-2000

$$flujo\ medio(f_m) = \left(\frac{\sum_n P_n}{\# puntos} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$Uniformidad (U_o) = \frac{Flujo\ minimo}{\left(\frac{\sum_n P_n}{\# puntos} \right)} = \frac{Flujo\ minimo}{f_m} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde: Pn= numero de puntos que se considera en la matriz
Ti= deslumbramiento
fm= flujo medio
Uo= uniformidad media
flujo minimo= Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones



Flujo medio $F_m =$	0,750 cd/m ²
---------------------	-------------------------

Flujo medio $F_m =$	9,98 Luxes
---------------------	------------

Uniformidad $U_o =$	85,36%
---------------------	--------

Uniformidad U_o	83,96%
-------------------	--------

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral $T_i(\%)$	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_o	U_l	U_o		
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5

NO CUMPLE



MEDICIÓN DE PARAMETROS LUMINICOS

DIRECCIÓN AV. DON BOSCO ENTRE CARLOS QUINTO Y PABLO PICASSO

FECHA 1 de diciembre de 2013

OBSERVACIONES: **DISPOSICIÓN TRES BOLLILLO**
Noche sin lluvia, sin influencia de luces de alrededor, difusor limpio

NORMA CIE.140-2000

$$flujo\ medio(f_m) = \left(\frac{\sum_n^n P_n}{\# puntos} \right) \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

$$Uniformidad (U_o) = \frac{Flujo\ minimo}{\left(\frac{\sum_n^n P_n}{\# puntos} \right)} = \frac{Flujo\ minimo}{f_m} (\%)$$

si $D \leq 30m$ $N = \frac{D}{10}$ cada fila si $D > 30m$ $N = 3m$ cada fila

Donde:	Pn	numero de puntos que se considera en la matriz
	Ti	deslumbramiento
	f _m	flujo medio
	U _o	uniformidad media
		flujo minimo= Es el valor mas bajo obtenido de las mediciones

LUMINARIA	TIPO	POTENCIA
	SODIO	250W
ESTADO	NUEVA, 100 HORAS DE USO	

DISTANCIA ENTRE POSTES	30m
------------------------	-----

ALTURA DE MONTAJE	10m
-------------------	-----

TIPO DE CALZADA	OSCURO
-----------------	--------

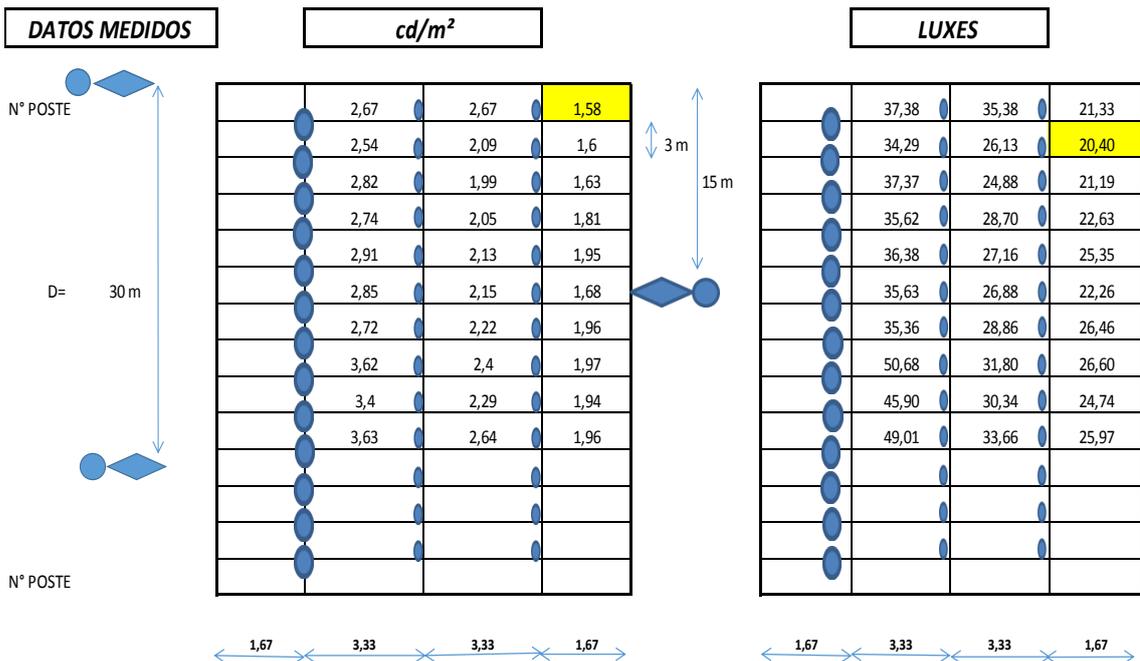
NUMERO DE CARRILES	DOS
--------------------	-----

ANCHO DE CALZADA	10
------------------	----

VEREDAS	A LOS DOS LADOS
	2m

EQUIPO UTILIZADO	MODELO
LUMINANCIMETRO	MOVO SPOT2
LUXOMETRO	EXTECH HD450

TIPO DE VIA	M2
-------------	----



Flujomedio $F_m =$	2,354 cd/m^2
--------------------	----------------

Flujomedio $F_m =$	30,94 Luxes
--------------------	-------------

Uniformidad $U_o =$	67,13%
---------------------	--------

Uniformidad $U_o =$	65,93%
---------------------	--------

Clase de Iluminación	Tipo de Superficie				Incremento de Umbral $T_l(\%)$	Relación de alrededor SR
	Seco		Mojado			
	F_m	u_o	U_l	U_o		
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5

CUMPLE

ANEXO N° 6

LUMINARIAS LED "TELEGESTIÓN REMOTA"													
Date	Time	Vac RMS of V1 First Value [Vac]	Vac RMS of V2 First Value [Vac]	Aac RMS of I1 First Value [Aac]	PF of V1, I1 First Value [PF]	VA of V1 * I1 First Value [VA]	Vr of V1 * I1 First Value [Vr]	W of V1 * I1 First Value [W]	% THD of I1 First Value [%]	% THD of V1 First Value [%]	% THD of V2 First Value [%]	Pst V1 10 mins First Value [Pst]	Pst V2 10 mins First Value [Pst]
30/05/2013	23:44:00,000	223,1	223,2	3,083	0,960	681	-190	654	15,5	1,34	1,34	0,12	0,12
30/05/2013	23:45:00,000	223,0	223,0	3,086	0,961	679	-189	652	15,3	1,40	1,40	0,12	0,12
30/05/2013	23:46:00,000	222,9	223,0	3,089	0,961	681	-189	654	15,5	1,31	1,32	0,12	0,12
30/05/2013	23:47:00,000	222,8	222,9	3,089	0,961	681	-189	654	15,5	1,29	1,29	0,12	0,12
30/05/2013	23:48:00,000	222,9	223,0	3,088	0,961	681	-189	654	15,5	1,34	1,34	0,12	0,12
30/05/2013	23:49:00,000	222,3	222,4	3,095	0,961	680	-188	654	15,4	1,31	1,30	0,12	0,12
30/05/2013	23:50:00,000	222,2	222,3	3,094	0,961	680	-188	654	15,4	1,28	1,29	0,12	0,12
30/05/2013	23:51:00,000	222,2	222,3	3,098	0,961	680	-188	654	15,4	1,33	1,33	0,12	0,12
30/05/2013	23:52:00,000	222,1	222,2	3,097	0,961	680	-188	654	15,4	1,32	1,34	0,13	0,13
30/05/2013	23:53:00,000	222,1	222,2	3,101	0,961	680	-187	654	15,4	1,30	1,30	0,13	0,13
30/05/2013	23:54:00,000	222,2	222,3	3,099	0,961	681	-188	655	15,4	1,35	1,35	0,13	0,13
30/05/2013	23:55:00,000	222,1	222,2	3,098	0,961	681	-188	655	15,5	1,38	1,37	0,13	0,13
30/05/2013	23:56:00,000	222,4	222,4	3,094	0,961	680	-188	654	15,4	1,42	1,43	0,13	0,13
30/05/2013	23:57:00,000	222,3	222,3	2,413	0,943	528	-176	498	17,8	1,40	1,42	0,13	0,13
30/05/2013	23:58:00,000	222,1	222,2	2,416	0,943	529	-176	499	17,8	1,39	1,41	0,13	0,13
30/05/2013	23:59:00,000	222,2	222,2	2,419	0,943	530	-176	500	17,8	1,43	1,44	0,13	0,13
31/05/2013	00:00:00,000	222,2	222,2	2,422	0,943	531	-176	501	17,7	1,42	1,42	0,13	0,13
31/05/2013	00:01:00,000	222,3	222,3	2,423	0,944	531	-176	501	17,7	1,43	1,43	0,13	0,13
31/05/2013	00:02:00,000	222,1	222,2	2,426	0,943	531	-176	501	17,7	1,41	1,42	0,09	0,09
31/05/2013	00:03:00,000	222,4	222,4	2,425	0,943	531	-177	501	17,8	1,48	1,48	0,09	0,09
31/05/2013	00:04:00,000	222,6	222,7	2,424	0,943	532	-177	502	17,8	1,50	1,49	0,09	0,09
31/05/2013	00:05:00,000	222,3	222,3	2,425	0,944	532	-176	502	17,7	1,47	1,47	0,09	0,09
31/05/2013	00:06:00,000	222,5	222,5	2,425	0,943	532	-176	502	17,8	1,59	1,58	0,09	0,09
31/05/2013	00:07:00,000	222,8	222,8	2,423	0,943	532	-177	502	17,8	1,53	1,53	0,09	0,09
31/05/2013	00:08:00,000	222,6	222,7	2,424	0,943	532	-177	502	17,8	1,47	1,48	0,09	0,09
31/05/2013	17:16:00,000	216,8	216,8	1,097	0,949	235	-74	223	13,9	1,29	1,28	0,11	9,42
31/05/2013	17:17:00,000	216,8	216,8	1,136	0,957	243	-70	233	15,3	1,29	1,29	0,11	9,42
31/05/2013	17:18:00,000	216,8	216,8	1,097	0,949	235	-74	223	14,1	1,31	1,31	0,11	9,42



ANEXO N° 7

DEMANDA, DIA TIPICO CENTROSUR, LUNES 11 DE MAYO DE 2015 (MW)

Registro	HORA	CARGA	AP	Ahorro	Nueva Carga
		Mw	5,70%	30%	
23.983,96	0:00	95,94	5,468	1,641	94,295
23.532,86	0:15	94,13	5,365	1,610	92,522
23.169,92	0:30	92,68	5,283	1,585	91,095
22.880,81	0:45	91,52	5,217	1,565	89,958
22.645,47	1:00	90,58	5,163	1,549	89,033
22.528,36	1:15	90,11	5,136	1,541	88,573
22.161,57	1:30	88,65	5,053	1,516	87,130
21.933,29	1:45	87,73	5,001	1,500	86,233
21.858,17	2:00	87,43	4,984	1,495	85,938
21.839,10	2:15	87,36	4,979	1,494	85,863
21.776,96	2:30	87,11	4,965	1,490	85,618
21.677,90	2:45	86,71	4,943	1,483	85,229
21.620,28	3:00	86,48	4,929	1,479	85,002
21.649,20	3:15	86,60	4,936	1,481	85,116
21.592,86	3:30	86,37	4,923	1,477	84,894
21.608,68	3:45	86,43	4,927	1,478	84,957
21.678,47	4:00	86,71	4,943	1,483	85,231
21.816,82	4:15	87,27	4,974	1,492	85,775
21.946,41	4:30	87,79	5,004	1,501	86,285
22.217,35	4:45	88,87	5,066	1,520	87,350
23.001,21	5:00	92,00	5,244	1,573	90,432
23.726,10	5:15	94,90	5,410	1,623	93,282
24.577,97	5:30	98,31	5,604	1,681	96,631
25.900,40	5:45	103,60	5,905	1,772	101,830
26.348,36	6:00	105,39	6,007	1,802	103,591
26.089,86	6:15	104,36	5,948	1,785	102,575
25.817,98	6:30	103,27	5,887	1,766	101,506
25.485,12	6:45	101,94	5,811		101,940
25.590,72	7:00	102,36	5,835		102,363
25.899,38	7:15	103,60	5,905		103,598
26.176,69	7:30	104,71	5,968		104,707
26.673,95	7:45	106,70	6,082		106,696
27.830,22	8:00	111,32	6,345		111,321
28.477,19	8:15	113,91	6,493		113,909
28.792,82	8:30	115,17	6,565		115,171
29.197,71	8:45	116,79	6,657		116,791
29.637,96	9:00	118,55	6,757		118,552
30.014,87	9:15	120,06	6,843		120,059
30.415,18	9:30	121,66	6,935		121,661
30.508,05	9:45	122,03	6,956		122,032
30.579,91	10:00	122,32	6,972		122,320
30.839,80	10:15	123,36	7,031		123,359
30.929,82	10:30	123,72	7,052		123,719
31.010,30	10:45	124,04	7,070		124,041
31.100,86	11:00	124,40	7,091		124,403
31.639,69	11:15	126,56	7,214		126,559
31.482,39	11:30	125,93	7,178		125,930
31.744,97	11:45	126,98	7,238		126,980



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

31.021,77	12:00	124,09	7,073		124,087
30.474,43	12:15	121,90	6,948		121,898
30.097,37	12:30	120,39	6,862		120,389
29.690,37	12:45	118,76	6,769		118,761
29.695,71	13:00	118,78	6,771		118,783
29.808,18	13:15	119,23	6,796		119,233
29.627,46	13:30	118,51	6,755		118,510
29.860,71	13:45	119,44	6,808		119,443
30.335,50	14:00	121,34	6,916		121,342
30.672,47	14:15	122,69	6,993		122,690
30.953,06	14:30	123,81	7,057		123,812
30.999,32	14:45	124,00	7,068		123,997
31.064,30	15:00	124,26	7,083		124,257
31.323,85	15:15	125,30	7,142		125,295
31.293,18	15:30	125,17	7,135		125,173
31.267,99	15:45	125,07	7,129		125,072
31.328,45	16:00	125,31	7,143		125,314
31.346,33	16:15	125,39	7,147		125,385
31.035,05	16:30	124,14	7,076	2,123	124,140
31.037,38	16:45	124,15	7,077	2,123	124,150
30.787,05	17:00	123,15	7,019	2,106	123,148
31.279,32	17:15	125,12	7,132	2,140	125,117
31.663,47	17:30	126,65	7,219	2,166	126,654
32.446,29	17:45	129,79	7,398	2,219	129,785
34.334,14	18:00	137,34	7,828	2,348	137,337
37.230,14	18:15	148,92	8,488	2,547	148,921
39.990,05	18:30	159,96	9,118	2,735	157,225
40.989,21	18:45	163,96	9,346	2,804	161,153
41.083,42	19:00	164,33	9,367	2,810	161,524
41.185,26	19:15	164,74	9,390	2,817	161,924
41.076,15	19:30	164,30	9,365	2,810	161,495
40.822,82	19:45	163,29	9,308	2,792	160,499
40.477,37	20:00	161,91	9,229	2,769	159,141
39.642,66	20:15	158,57	9,039	2,712	155,859
39.153,11	20:30	156,61	8,927	2,678	153,934
38.533,69	20:45	154,13	8,786	2,636	151,499
37.761,53	21:00	151,05	8,610	2,583	148,463
36.872,02	21:15	147,49	8,407	2,522	144,966
35.662,82	21:30	142,65	8,131	2,439	140,212
34.585,93	21:45	138,34	7,886	2,366	135,978
33.502,96	22:00	134,01	7,639	2,292	131,720
32.146,20	22:15	128,58	7,329	2,199	126,386
31.047,03	22:30	124,19	7,079	2,124	122,065
30.192,70	22:45	120,77	6,884	2,065	118,706
29.077,88	23:00	116,31	6,630	1,989	114,323
28.002,28	23:15	112,01	6,385	1,915	110,094
26.964,45	23:30	107,86	6,148	1,844	106,013
26.143,68	23:45	104,57	5,961	1,788	102,786

* FUENTE: Base de datos del Dto. Supervisión de la CENTROSUR

LUMINARIAS LED

POTENCIA (W)	120
CARGA INSTALADA KW	0.12
FACTOR DE POTENCIA	0.92
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.90

ANÁLISIS ECONÓMICO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA LUMINARIA TIPO LED 120W

TASA DE ANUAL DE INFLACION MATERIALES	4%
TASA ANUAL DE INFLACION MANO OBRA	8%
TASA DE DESCUENTO	12%
COSTO/HORA GRUPO	70.67
TIPO DE LUMINARIA	120 W
CANTIDAD DE LUMINARIAS	1000

AÑOS	0		3		6		8		12	
	COSTO INICIAL		COSTOS PRIMER MANTENIMIENTO		COSTOS SEGUNDO MANTENIMIENTO		COSTOS SEGUNDO MANTENIMIENTO		COSTO TERCER MANTENIMIENTO	
HORAS	MATERIALES	MANO DE OBRA	MATERIALES	MANO DE OBRA	MATERIALES	MANO DE OBRA	MATERIALES	MANO DE OBRA	MATERIALES	MANO DE OBRA
LUMINARIA LED	1	750.00								
LIMPIEZA LIMPIEZA	1		1	\$ 1.12	1	\$ 3.53	1	\$ 1.12	1	\$ 3.53
INSTALACION DE LUMINARIA	1	20.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00	1	20.00
FRASADO	1	05.00	1	05.00	1	05.00	1	05.00	1	05.00
DIVER	1	5.89	1	5.89	1	5.89	1	5.89	1	5.89
SUBTOTALES		\$ 750.000.00		\$ 1.120.00		\$ 9.422.87		\$ 1.120.00		\$ 1.120.00
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO		\$ 29.445.8		\$ 1.289.8		\$ 14.952.6		\$ 66.576.1		\$ 17.292.2
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO		\$ 750.000.0		\$ 896.7		\$ 7.575.4		\$ 66.948.1		\$ 14.965.5

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO - 15 AÑOS	
TOTAL TASA DE CRECIMIENTO	\$ 1.037.288.87
TOTAL VALOR ACTUAL NETO	\$ 885.551.96

ANÁLISIS ECONÓMICO DE ENERGÍA CONSUMIDA POR LUMINARIA TIPO LED 120W

COSTO KW/h	\$ 0.1123
CARGA INSTALADA KW	120.00
FACTORES DE POTENCIA	0.92
DÍAS/AÑO	365.00

AÑOS	0		2		4		6		8		10		12		14		15	
	COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS		COSTO TOTAL ENERGÍA - 15 AÑOS	
HORAS	0	4380	0	8760	0	17520	0	26280	0	35040	0	43800	0	52560	0	61320	0	67700
	\$ 0	\$ 59.025	\$ 59.025	\$ 118.050	\$ 177.075	\$ 265.125	\$ 353.175	\$ 441.225	\$ 529.275	\$ 617.325	\$ 705.375	\$ 793.425	\$ 881.475	\$ 969.525	\$ 1057.575	\$ 1145.625	\$ 1233.675	\$ 1321.725
SUBTOTAL TASA DE CRECIMIENTO	\$ 0	\$ 80.205	\$ 61.409	\$ 62.638	\$ 63.868	\$ 65.098	\$ 66.327	\$ 67.557	\$ 68.787	\$ 70.017	\$ 71.247	\$ 72.477	\$ 73.707	\$ 74.937	\$ 76.167	\$ 77.397	\$ 78.627	\$ 79.857
SUBTOTAL VALOR ACTUAL NETO	\$ 0	\$ 63.795	\$ 48.955	\$ 44.654	\$ 40.804	\$ 36.978	\$ 33.677	\$ 30.670	\$ 27.831	\$ 25.438	\$ 23.466	\$ 21.898	\$ 20.214	\$ 18.926	\$ 17.489	\$ 16.533	\$ 15.936	\$ 14.513

TOTAL TASA DE CRECIMIENTO	\$ 1.041.156.70
TOTAL VALOR ACTUAL NETO	\$ 454.017.71