



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**TÍTULO: EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON
LUMINARIAS LED.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Alava Quimis Marlon Andrés

Jiménez Vergara Johnny Nicolás

Tutor:

Ms.C. Cruz Panchi Luis Rolando.

Julio 2019

Latacunga – Ecuador



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Alava Quimis Marlon Andrés y Jiménez Vergara Johnny Nicolás declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: "EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED", siendo Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Ms.C. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad

.....
Alava Quimis Marlon Andrés
C.I. 180476457-7

.....
Jiménez Vergara Johnny Nicolás
C.I. 172451093-6



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED”, de Alava Quimis Marlon Andrés y Jiménez Vergara Johnny Nicolás, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 10 de Julio, 2019

El Tutor

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Ms.C.



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada; por cuanto, los postulantes: de Alava Quimis Marlon Andrés y Jiménez Vergara Johnny Nicolás con el título de Proyecto de titulación: "EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 de Julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Gallardo Molina Cristian Fabian; Ms.C.

CC: 050284769-2

Lector 2

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez; Ms.C.

CC: 0502523583

Lector 3

Ing. Navarrete López Luis Miguel; Ms.C.

CC: 1803747284



G&S INGENIEROS CIA. LTDA.

¡Energía a sus ideas!

PLANIFICACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y FISCALIZACIÓN
DE REDES ELÉCTRICAS Y TELEFÓNICAS

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Christian Rubén Vaca Farinango

Gerente General

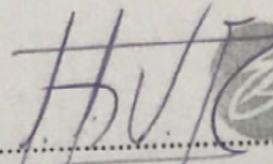
GYS INGENIEROS.

Presente;

En calidad de Gerente General de la Empresa GYS INGENIEROS, con el R.U.C. 0591706306001, la cual es una empresa que se dedica a la planificación, diseño, construcción y fiscalización de redes eléctricas y telefónicas, confirmo mediante este documento que los estudiantes **Alava Quimis Marlon Andrés** con C.I. 180476457-7 y **Jiménez Vergara Johnny Nicolás** con C.I. 172451093-6, elaboraron el **"EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED"**, con la misma aspiran a la culminación de su Tesis de Grado y posterior obtención del Título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad Técnica de Cotopaxi; este estudio estuvo bajo mi dirección y supervisión para validar la evaluación realizada en el alumbrado público .

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente documento para uso que los beneficiarios crean conveniente.

Atentamente:



Christian Rubén Vaca Farinango
GERENTE DE GYS INGENIEROS

Dir: Calle Salache S/N y Av. Amazonas
Telfs.: 03-2806997 Cel. 0999717670
e-mail: gerencia@gys.com.ec
LATACUNGA * ECUADOR



AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Msc. por la colaboración en la orientación técnica metodológica para la ejecución del proyecto

Una expresión de gratitud muy sincera para el Ing. Moreano Martínez Edwin Homero; Msc. por guiar este proyecto de acuerdo a su excelente metodología

Agradecimiento a la empresa GYS INGENIEROS por la apertura para la ejecución del proyecto y adquisición de los aparatos de medición

ÍNDICE

1	INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1	Título de la propuesta tecnológica	2
2.2	Tipo de alcance	2
2.3	Área del conocimiento	2
2.4	Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
2.5	Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1	Objeto de estudio.....	3
2.5.2	Campo de acción	3
2.6	Situación problemática y problema	3
2.6.1	Situación problemática.....	3
2.6.2	Problema.....	3
2.7	Hipótesis o formulación de pregunta científica	3
2.8	Objetivos	3
2.8.1	Objetivo general	3
2.8.2	Objetivos específicos.....	3
2.9	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	4
3	MARCO TEÓRICO	5
3.1	Análisis de los trabajos precedentes	5
3.2	Normativas en iluminación y control.....	6
3.3	Principios técnicos básicos	8
3.3.1	Flujo luminoso (potencia luminosa)	8
3.3.2	Intensidad luminosa (I).....	8
3.3.3	Iluminancia (nivel de iluminación) E.....	8

3.3.4 Luminancia (L).....	9
3.3.5 Índice de reproducción cromática (IRC).....	9
3.4 Sistema de iluminación.....	9
3.4.1 Iluminación de calle y carretera.....	9
3.4.2 Uniformidad de iluminación.....	10
3.4.3 Consideraciones de diseño.....	10
3.4.4 Elementos del sistema de iluminación en alumbrado público.....	11
3.4.5 Distribución de luminarias en alumbrado público.....	12
3.4.6 Tipos de luminarias y características.....	13
3.5 Tecnología LED.....	15
3.5.1 Ventajas y desventajas.....	15
3.5.2 Eficiencia de la tecnología LED frente a otras luminarias.....	16
3.6 Afecciones o problemas por la luminosidad.....	19
3.6.1 Necesidades lumínicas del ser humano y el bienestar.....	19
3.6.2 Distribución espectral.....	20
3.6.3 Sensibilidad espectral del ojo humano.....	21
3.6.4 Deslumbramiento.....	22
3.6.5 Alumbrado público ambiental y seguro.....	23
3.6.6 Temperatura de color.....	24
3.6.7 Visión humana.....	25
3.6.8 Contradicción térmica.....	25
3.6.9 Iluminación LED y su incidencia en la salud.....	26
3.6.10 Parpadeo de una luminaria.....	26
3.6.11 Sistema circadiano y interrupción circadiana (CD).....	26

4	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS EN EL ALUMBRADO DEL SECTOR.....	29
4.1	Recopilación de información existente por medio del método de la cuadrícula	29
4.2	Cálculo de los parámetros con los que debe cumplir el alumbrado público del sector ..	30
4.3	Índice de deslumbramiento	36
4.4	Tipo de proyecto y parámetros utilizados para realizar la simulación en software DiaLUX	36
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	37
5.1	Determinación de la cuadrícula para la toma de mediciones.....	39
5.2	Mediciones realizadas en el sector.....	40
5.2.1	Determinación de la iluminancia promedio	40
5.3	Cálculo de los parámetros idóneos para el sector	40
5.3.1	Niveles de iluminación (M), (P) y (C)	40
5.3.2	Parámetros para iluminación pública redefinidos	42
5.4	Análisis del Modelado	44
5.4.1	Niveles de iluminancia.....	44
5.4.2	Niveles de deslumbramiento	45
5.4.3	Procesado de colores falsos.....	48
5.4.4	Uniformidad del sector.....	49
5.5	Respuesta a la pregunta científica y solución al problema de investigación	51
6	PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS.....	52
6.1	Análisis de impactos	52
6.1.1	Impacto Económico.....	52
6.1.2	Impacto Ambiental.....	52
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53

7.1	Conclusiones	53
7.2	Recomendaciones	54
8	REFERENCIAS	54

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Fotometría	58
Anexo 2.	Regulación No. CONELEC 005/14	59
Anexo 3.	Catálogo Shark - LED	68
Anexo 4.	Catálogo LEDEX	70
Anexo 5.	Fotografías de la Geo-referencia del sector muestra	71
Anexo 6.	Plano del sector con la distribución actual	73
Anexo 7.	Cálculo de las cuadrículas	74
Anexo 8.	Hoja de Estacamiento	76
Anexo 9.	Fotos del sector y tablas de las mediciones	77
Anexo 10.	Calculo de los parámetros idóneos para el alumbrado público del sector	86
Anexo 11.	Output de Dialux de la distribución actual.	111
Anexo 12.	Plano del sector con distribución modificada	118
Anexo 13.	Output de Dialux de la distribución Modificada	119
Anexo 14.	Planilla de la Empresa Eléctrica Ambato	126
Anexo 15.	Tomas gráficas de la simulación	127
Anexo 16.	Equipo de medición	128

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED”.

Autores:

**Alava Quimis Marlon Andrés
Jiménez Vergara Johnny Nicolás**

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó la evaluación del alumbrado público con luminarias led en el sector la Merced de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua debido a que al circular por el sector durante la noche se perciben niveles de luminosidad irregular, así como aparentemente excesos luminosos. Para lo cual se realiza una evaluación de campo que implica la división del sector por avenidas y la medición de los niveles de luminosidad mediante equipo de medición (luxómetro), además también se desarrolló una recalificación del sector en base a la regulación de la luminosidad de avenidas de acuerdo a la densidad de tráfico vehicular y peatonal durante la noche; dispuesta por la normativa en alumbrado público: Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), misma que se basa y adopta los parámetros de la normativa internacional: Sociedad de Ingenieros en Iluminación de América del Norte (IESNA); con la finalidad de determinar si los parámetros del alumbrado público existentes están dentro de la normativa y si no es así ejecutar una propuesta de mejora que permita modificar ciertos parámetros como: nivel de luminosidad y deslumbramiento causado, altura de instalación, distancia de separación, distribución de las luminarias, uniformidad de las avenidas, entre otros. Luego de realizar el análisis entre los valores medidos y los valores obtenidos mediante la propuesta de mejora (ejecutada en el software DiaLUX) se comprueba que con una correcta evaluación e instalación del alumbrado público en el sector se puede disminuir los excesos luminosos hasta en un 45,12% en los puntos críticos de iluminación (lugar bajo la lámpara) y además la uniformidad mejora de un 0,36 hasta un 0,37 este nivel de uniformidad se aproxima más al valor indicado por la regulación de ARCONEL.

Palabras clave: evaluación, niveles de luminosidad, irregulares, instalación, parámetros, alumbrado público, normativa, regulación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

ABSTRACT

In this research work, an evaluation of public lighting was carried out with led luminaires in La Merced, Ambato. Due to the fact that it circulates through the sector during the night, irregular levels of luminosity are perceived, as well as apparent excesses of light. For that, a field evaluation is carried out involving the division of the sector by floods and a measurement of luminosity levels by measuring equipment (luxometer). In addition, a requalification of the sector was developed based on the regulation of luminosity of avenues according to vehicular and pedestrian traffic density at night; arranged by regulations on public lighting. Agency for Regulation and Control of Electricity (ARCONEL) adopts the parameters of international normative: Illumination Engineering Society of North America (IESNA). In order to determine if existing public lighting parameters are within the normative and if it isn't, an improvement proposal that allows modifying certain parameters (level of luminosity and glare caused, installation height, separation distance, distribution of the luminaries, uniformity of the avenues, and others) is run. After carrying out an analysis between measured values and values obtained through the improvement proposal (executed in DiaLUX software), it is verified with a correct evaluation and installation of public lighting in the sector. Luminous excesses can be reduced up to 45.12% in critical points of illumination (placed under the lamp). In addition, uniformity improves from 0.36 to 0.37. This level of uniformity is closer to the value indicated by ARCONEL.

Keywords: evaluation, light levels, irregular, installation, parameters, public lighting, normative, regulation.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica** de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas**, **Alava Quimis Marlon Andrés y Jiménez Vergara Johnny Nicolás**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 23 de julio de 2019

Atentamente,

Mg. Emma Jackeline Herrera L.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502277031



CENTRO
DE IDIOMAS

1 INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Alava Quimis Marlon Andrés

Jiménez Vergara Johnny Nicolás

TEMA APROBADO:

Evaluación de luminosidad en alumbrado público con luminarias LED

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Ms.C.

EQUIPO DE TRABAJO:

Alava Quimis Marlon Andrés y Jiménez Vergara Johnny Nicolás (Estudiantes)

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Ms.C. (Asesor Técnico).

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez. Ms.C. (Asesor Metodológico).

LUGAR DE EJECUCIÓN:

La Merced-La Merced-Ambato- Tungurahua

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

Octubre 2018-julio 2019

FECHA DE ENTREGA: 29 de julio de 2019.

FACULTAD QUE AUSPICIA:

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA QUE AUSPICIA:

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:

Proyecto de la carrera electromecánica

ÁREA DE CONOCIMIENTO:

Instalaciones Eléctricas - Luminosidad

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA: Eficiencia Energética

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA: Con la implementación de esta propuesta tecnológica se pretende desarrollar una innovación al sistema de alumbrado público existente en el sector, mediante la cual se busca mejorar tanto los niveles de luminosidad, así como también, las estructuras y distancias de instalación utilizadas en las luminarias evitando puntos ciegos y contaminación visual.

2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta tecnológica

Evaluación de luminosidad en alumbrado público con luminarias LED.

2.2 Tipo de alcance

Se ha determinado que el alcance de la propuesta tecnológica planteada es multipropósito, esto se debe a que el proyecto planteado propone evaluar si el cambio uno a uno de luminarias es el adecuado en eficiencia, nivel de iluminación, psicología de la luz y la temperatura del color para que estos no incidan en sensaciones emocionales que afecten al descanso de la persona. Esto se logrará regulando los niveles de luminosidad y la dirección o área de enfoque de la luminaria para que no sobrepasen los estándares mínimos de confort visual establecidos por las normativas dispuestas a nivel nacional e internacional mediante la variación de su altura y/o distancia de ubicación.

2.3 Área del conocimiento

Instalaciones Eléctricas - Luminosidad

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

Se pretende llevar a cabo una evaluación de campo y ejecutar una propuesta de mejora que podría basarse en la regulación de la luminosidad de acuerdo a la normativa para alturas y área de enfoque en alumbrado público con luminarias LED por Illumination Engineering Society of North América (IESNA) y Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) antes Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), lo más eficiente es realizar una operación regulada que busca adaptar el nivel de iluminación a la densidad de tráfico vehicular y peatonal durante la noche con esto se disminuiría en un porcentaje la luminosidad que está ingresando a los hogares. De este modo se mantiene la homogeneidad en la distribución de la luz; el ahorro de energía y la seguridad de la población, esto se realizará en el periodo de noviembre de 2018 hasta junio de 2019.

2.5 Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

Alumbrado público residencial

2.5.2 Campo de acción

Evaluación alumbrado público con luminarias LED

2.6 Situación problemática y problema

2.6.1 Situación problemática

Niveles de luminosidad irregulares causados por la mala distribución de luminarias en el alumbrado público.

2.6.2 Problema

Se presume que existe un exceso de luminosidad en el sector debido al cambio de luminarias halógenas por nuevas luminarias LED sin una evaluación previa, lo que podría ocasionar cansancio visual para las personas, estrés acumulado y pérdida de la noción del tiempo.

2.7 Hipótesis o formulación de pregunta científica

¿Mediante la reubicación del alumbrado público se pueden reducir los altos niveles de luminosidad hasta que lleguen a niveles establecidos por la normativa vigente?

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo general

Evaluar el nivel de luminosidad del alumbrado público en el sector La Merced de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua que están iluminados con tecnología LED por medio de una investigación de campo y equipos de medición para el análisis de la incidencia de la luz y diseño de una propuesta que mejore las condiciones actuales durante el periodo de noviembre de 2018 hasta junio de 2019.

2.8.2 Objetivos específicos

-) Conocer la normativa vigente para el funcionamiento, ventajas, desventajas y formas de utilización de las luminarias LED por medio del análisis de la información y medir los parámetros del sector “muestra” para la obtención de datos de los niveles de luminosidad dispuestos.

-) Calcular los valores de luminosidad idóneos para mantener una iluminancia media regulada en el sector y no exceder los niveles máximos establecidos por la normativa.
-) Analizar los niveles de luminosidad establecidos y los medidos del sector respetando lo establecido con los medios para evitar el deslumbramiento mediante una simulación de software.

2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 2.1. Sistema de tareas en base a los objetivos

OBJETIVOS	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Método
Objetivo 1	<p>Recopilar información acerca de las luminarias LED.</p> <p>Determinar las ventajas y desventajas del uso de luminarias LED.</p> <p>Conocer la normativa o regulación del ARCONEL en alumbrado público.</p> <p>Determinar una muestra del sector centro de la ciudad de Ambato (La Merced) donde se encuentran instaladas este tipo de luminarias.</p>	<p>Normativas predeterminadas por IESNA, ARCONEL, e información predispuesta por el MEER.</p> <p>Obtención de los niveles de luminosidad del sector</p>	<p>Método científico</p> <p>Método Campo</p>

<p>Objetivo 2</p>	<p>Determinar un método para mejorar la distribución luminosa.</p> <p>Determinar tipo de avenida o calle a iluminar, las distancias idóneas para la colocación y correcta iluminación del sector.</p> <p>Comparar los valores calculados con la muestra del sector y determinar el exceso de flujo luminoso.</p>	<p>Verificación mediante un método de cálculo para la separación idónea entre luminarias, altura y potencia de las mismas</p>	<p>Método científico</p>
<p>Objetivo 3</p>	<p>Analizar si estaría o no dentro de los parámetros para el cambio uno a uno de las luminarias.</p> <p>Presentar propuesta mediante una simulación de software.</p>	<p>Valores de iluminancia y deslumbramiento obtenidos por la simulación.</p>	<p>Método experimental</p>

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Análisis de los trabajos precedentes

En primer lugar, se tiene que, en abril del 2010 fue presentado en Murcia la Incorporación de Tecnología Led en el Alumbrado Público por Francesc Pecanins, SECE para un proyecto de Eficiencia Energética y Contratación Pública, nos manifiesta que las luminarias Led poseen un índice de reproducción cromático: Ra 80 y su luz es Blanca entre 3000k a 6000k

Luego investigando en el Área Nacional del Ecuador tenemos que en abril del 2013 en la ciudad de Quito se presentó Estudio De Lámparas Led Para Alumbrado Público Y Diseño De Un Sistema Scada Con Control Automático On/Off a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito por Pedro Francisco Chantera Abarca y Daniel Ricardo Tobar Estrella como requisito de Tesis Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Eléctrico, manifiesta que con la tecnología Led se obtiene

una mejor uniformidad y distribución de iluminación, pero se reduce los niveles de iluminancia promedio.

Y en abril del 2016 en la ciudad de Quito se presentó Factibilidad Del Sistema De Alumbrado Público Empleando Luminarias Led Y Alimentación Solar Fotovoltaica a la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito por Galo Andrés Flores Fueres Como requisito de Tesis Previa A La Obtención Del Título De Ingeniero Eléctrico, manifiesta que las luminarias Led permiten una mejor visión para el ser humano por la mejor reproducción de colores

3.2 Normativas en iluminación y control

Dentro del proyecto de evaluación de luminosidad se utilizarán varias normativas establecidas como las del CONELEC, que se pueden apreciar en la **tabla 3.1**.

Tabla 3.1. Normativas y Regulaciones en Iluminación “Alumbrado Público”

ORIGEN	NORMAS EN ILUMINACIÓN Y CONTROL.	CONCEPTUACIÓN
Internacional	Illumination Engineering Society of North América (IESNA) 13 pg 32	Todos los aspectos de la seguridad del tráfico implican visibilidad. Los factores fundamentales que influyen directamente en la visibilidad
Nacional	Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) REGULACION_CONELEC_008/11Pag 5-13, y/o REGULACION_CONELEC_005/14	Normar las condiciones técnicas, económicas y financieras que permitan a las Distribuidoras de energía eléctrica prestar el servicio de alumbrado público general con calidad y eficiencia.

	<p>RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”,</p>	<p>Establece los requisitos que deben cumplir los equipos y elementos constituyentes del sistema de alumbrado público general, para garantizar los niveles y calidad de la energía lumínica requerida en la actividad visual,</p> <p>Los requisitos de los materiales y equipos que conforman el sistema de alumbrado público general, objeto del presente reglamento técnico, deben estar de acuerdo a las especificaciones técnicas homologadas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable que se encuentra en la página www.unidadesdepropiedad.com, o en la página web designada por la Autoridad Nacional competente; y, a la Regulación No. CONELEC 005/14, emitida por el CONELEC.</p>
--	--	--

3.3 Principios técnicos básicos

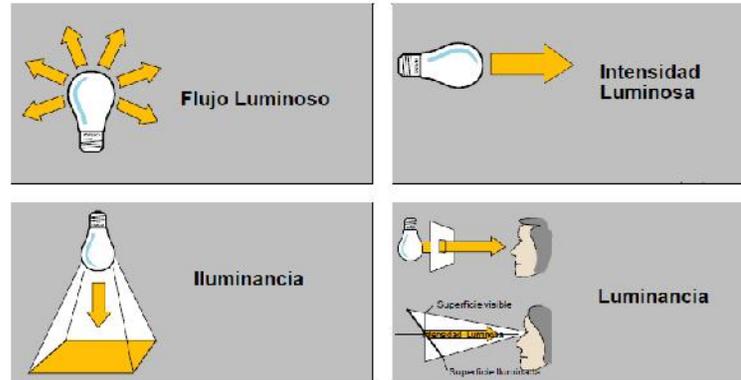


Figura 3.1 Principios Básicos en Iluminación
Fuente: [1]

3.3.1 Flujo luminoso (potencia luminosa)

Radiación emitida por una fuente de luz en todas las direcciones y percibida por el ojo humano. La energía transformada por las fuentes luminosas no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Un ejemplo es una lámpara incandescente que consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, y solo alrededor del 10% es percibida por el ojo humano en forma de luz. El resto se pierde en calor. [1] La representación del flujo luminoso es con la letra griega Φ y su unidad es el lumen (lm).

En este sentido el flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de luz emitida o radiada en un segundo, en todas las direcciones, como se indica en la **figura 3.1**.

3.3.2 Intensidad luminosa (I)

La intensidad luminosa de una fuente de luz se simboliza con una "I" y es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Unidad: candela (cd) Intensidad con la que una fuente de luz proyecta la luz en una dirección determinada, como se puede apreciar en la **figura 3.1**. [2]

3.3.3 Iluminancia (nivel de iluminación) E

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie se representa por la letra (E) y es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será mayor en la medida en que disminuya la superficie. Unidad: Lux = Lumen/m²[2]

3.3.4 Luminancia (L)

La luminancia se representa por la letra "L" y es el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, ya sea procedente de una fuente primaria que produce luz, o procedente de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. Mide el brillo de las fuentes luminosas primarias y de las fuentes que constituyen los objetos iluminados.

La luminancia ha desplazado a los conceptos de brillo y densidad de iluminación. Cabe recordar que el ojo no ve colores sino brillo, como atributo del color. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. Por lo tanto, se puede decir, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación, es decir, a igual iluminación, diferentes objetos tienen luminancia distinta porque tienen distinto poder de reflexión. [2]

Unidad: cd/m^2

3.3.5 Índice de reproducción cromática (IRC)

Es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal. Con la finalidad de simplificar las especificaciones de los índices de rendimiento en color de las lámparas utilizadas en iluminación, como se muestra en la **figura 3.2**. [2]

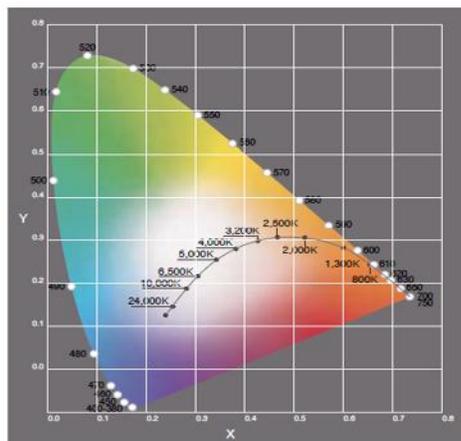


Figura 3.2 Diagrama cromático
Fuente: [2]

3.4 Sistema de iluminación

3.4.1 Iluminación de calle y carretera

Todos los aspectos de la seguridad del tráfico implican visibilidad. Los factores fundamentales que influyen directamente en la visibilidad son:

1. El brillo de un objeto en o cerca de la carretera.
2. El tamaño de un objeto y su detalle identificativo.
3. El contraste entre un objeto y su envolvente.
4. El tiempo disponible para ver un objeto.
5. Deslumbramiento.

La calidad de la luz puede proporcionar una buena visibilidad en la calle o en la carretera durante la noche, lo que da como resultado un brillo adecuado del pavimento con una buena uniformidad y una iluminación adecuada de las áreas adyacentes, junto con una razonable ausencia de reflejos. Los dos principales métodos de discernimiento en alumbrado de calles y carreteras son la silueta y el detalle de la superficie. [3]

3.4.2 Uniformidad de iluminación

La iluminación uniforme es un requisito de buena calle y la iluminación de la carretera. En calles en la luz a la clasificación más pesada de tráfico vehicular, la más baja valor de candela por pies en cualquier punto no debe ser inferior a un cuarto de los valores promedio recomendados. En las calles llevando tráfico vehicular muy ligero, la relación entre el promedio y el más bajo. [3]

3.4.3 Consideraciones de diseño

En la elaboración de recomendaciones para alumbrado vial y vial.

Todos los siguientes factores importantes aplicables al problema específico debe ser cuidadosamente evaluado:

1. Densidad de tráfico (vehicular y peatonal).
2. Experiencia de accidente.
3. Tipo y velocidad de los vehículos.
4. Prácticas de aparcamiento.
5. Características de la construcción del camino:
 - a. Ancho de calle o número, de carriles de circulación.
 - b. Carácter de la superficie del pavimento.
 - c. Grados y curvas.
 - d. Ubicación y ancho de bordillos, aceras y hombros.
 - e. Anchura y ubicación de las islas divisorias y de seguridad o canalización; bordillos.
6. Características especiales de construcción:

- a. Intersecciones.
- b. Círculos de tráfico, tréboles y separaciones.
- c. Puentes, viaductos, pasos inferiores y pasos superiores.

3.4.4 Elementos del sistema de iluminación en alumbrado público

El alumbrado público puede llegar a representar el 40-50% del consumo energético de un ayuntamiento, por lo que se hace necesario definir algunas de las tecnologías más eficientes que se encuentran en el sector. [4]

Por este motivo se detallan a continuación los equipos principales que intervienen:

a) Lámparas

Las lámparas utilizadas en el alumbrado público deben presentar algunas características que permitan un ahorro energético y, a su vez, económico:

- ✓ **Intensidad luminosa y tipo de luminaria (reproducción cromática):** las lámparas utilizadas deben adaptarse a las necesidades de uso. La demanda lumínica de emplazamientos turísticos no es la misma que en puntos únicamente de tráfico, por lo que las necesidades de intensidad y tipo de luz en estos emplazamientos no es la misma. Tener presente estas diferencias debe permitir reducir la demanda energética total y optimizar la potencia instalada.
- ✓ **Calidad energética de las lámparas (eficiencia):** no todos los tipos de lámparas presentan el mismo rendimiento energético. Hacer una correcta selección de las lámparas (dentro de la misma función), teniendo en cuenta el rendimiento (lumen/W), puede derivar en un ahorro energético importante.
- ✓ **Zonificación:** establecer cuál es el área que se necesita iluminar permite optimizar las potencias de las lámparas y, por lo tanto, reducir el consumo.
- ✓ **Duración de la vida económica:** las lámparas presentan una reducción del rendimiento con el tiempo (lumen/potencia). Tener presente esta variación de propiedades y establecer un óptimo (económico y energético) en la sustitución de lámparas debe permitir un mejor rendimiento del sistema lumínico.

b) Equipos auxiliares

La tipología de las lámparas utilizadas en el alumbrado público (sistemas con potencias superiores a las de tipo doméstico) implica la necesidad de disponer de una serie de

dispositivos para el correcto funcionamiento, ya que, además, en muchos casos éstas no pueden conectarse directamente a la red. Algunos de los elementos auxiliares más importantes son:

✓ **Balasto**

Es un dispositivo que limita el crecimiento de la intensidad de la corriente y suministra a la lámpara las características de tensión, de frecuencia y de potencia adecuadas a un funcionamiento estable. El balasto es así un elemento limitante de intensidad que evita la autodestrucción de la lámpara porque tiene tendencia a incrementar la intensidad durante su funcionamiento y permite un régimen de trabajo. Energéticamente, las características más importantes de los balastos son:

El funcionamiento del balasto tiene asociado un consumo energético importante. Éste puede llegar a ser del orden del 20% del consumo de la lámpara.

Características de la alimentación: para asegurar un correcto funcionamiento energético de la lámpara, es necesario que el balasto se adapte a las condiciones óptimas de funcionamiento de la lámpara, si no, esto derivará en una pérdida de rendimiento energético.

✓ **Condensador**

La función del condensador es corregir el factor de potencia del sistema y minimizar el consumo de energía reactiva. Con estos sistemas se obtiene una reducción del consumo energético y un ahorro a la factura energética por una reducción de energía reactiva.

✓ **Arrancadores**

Se encargan de generar los impulsos de tensión necesarios para encender la lámpara.

[4]

3.4.5 Distribución de luminarias en alumbrado público

Existen cuatro tipos de disposición, que son: disposición unilateral, disposición bilateral alternada (zigzag), disposición bilateral opuesta, y disposición central doble, como se puede apreciar en las **figuras 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6**. Se puede obtener otras disposiciones de las combinaciones de estos cuatro tipos básicos. [5]

a) **Disposición unilateral**

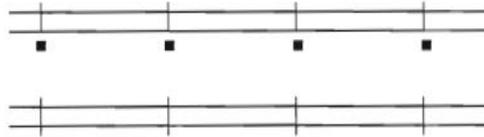


Figura 3.3 Distribución unilateral en alumbrado público.
Fuente: [5]

b) **Disposición bilateral alternada**



Figura 3.4 Distribución bilateral alternada en alumbrado público.
Fuente: [5]

c) **Disposición bilateral opuesta**

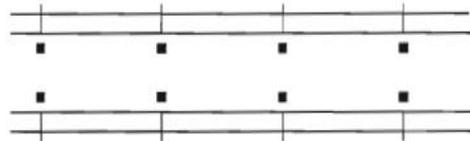


Figura 3.5 Distribución bilateral opuesta en alumbrado público.
Fuente: [5]

d) **Disposición central doble**

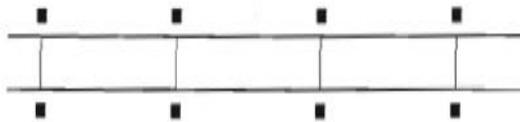


Figura 3.6 Distribución central doble en alumbrado público.
Fuente: [5]

3.4.6 Tipos de luminarias y características

Luminaria tipo I: Distribución bidireccional. Diseñado para ser montado aproximadamente sobre el centro de una calle. Proyecta dos haces de luz en direcciones opuestas a lo largo de la Calle, siendo su eje paralelo a la línea de bordillo, como se aprecia en la **figura 3.7**.

Luminaria tipo II: estrecha distribución asimétrica. Destinado a montaje en o cerca del lado de una calle. Tiene una distribución estrecha, Tener un ancho lateral de hasta 25 grados en el cono de potencia máxima de las velas. A aproximadamente 75 grados, como se aprecia en la **figura 3.7**.

Luminaria tipo III: distribución asimétrica de ancho medio, como se aprecia en la **figura 3.7**. Destinado a para el montaje en o cerca del lado de la calle, tiene un ancho lateral hasta 45 grados en el cono de potencia máxima de la vela a aproximadamente 75 grados. Está destinado a calles anchas.

Luminaria tipo IV: amplia distribución asimétrica. Todavía más ancho lateralmente que el tipo III, como se aprecia en la **figura 3.7**. El ancho es de aproximadamente 90 grados en el cono de máximo candela en aproximadamente 75 grados.

Luminaria tipo V: distribución simétrica. Candela en el 75- El cono de grado es el mismo a lo largo de 360 grados, como se aprecia en la **figura 3.7**. Es útil donde la iluminación. debe ser instalado en el centro de las calles y hasta cierto punto para las intersecciones. [3]

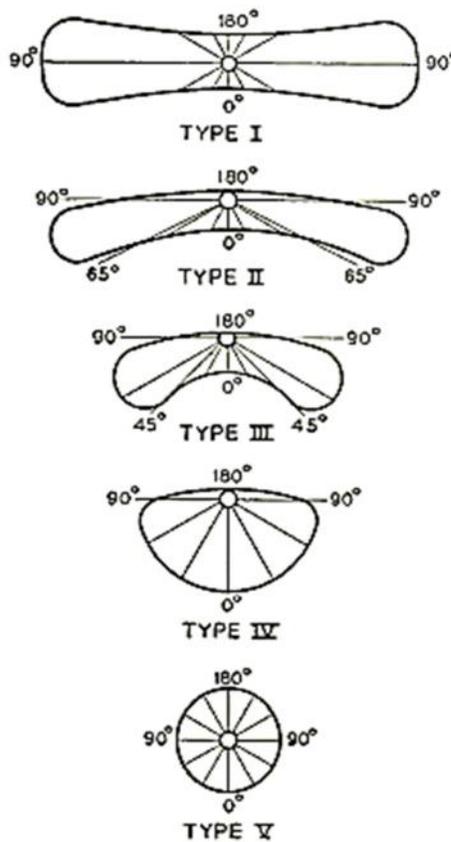


Figura 3.7 Curvas de distribución de la luz según el tipo de luminaria.

Fuente: [3]

Las alturas de montaje recomendadas para luminarias que tengan las características de distribución descritas anteriormente, se dan en la **Tabla 3.2**. Cuando sea posible, un montaje más alto, es a menudo preferible.

Tabla 3.2 Alturas de montaje en pies según el tipo de luminaria

SALIDA DE LÁMPARA (lúmenes)	ALTURA DE MONTAJE (PIES) DE TIPO LUMINARIO			
	I	II	III	IV&V
2,5	25	20	20	20
4	25	25	25	25
6	25	30	25	25
10		35	30	25
15			30	30

Fuente: [3]

3.5 Tecnología LED

Un diodo LED es un dispositivo semiconductor que emite luz monocromática cuando se polariza en directa y es atravesado por la corriente eléctrica. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo y puede variar desde el ultravioleta, pasando por todo el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo. [6]

3.5.1 Ventajas y desventajas

) Ventajas

- Larga vida útil (50.000 – 100.000 h)
- Depreciación luminosa (30% a 50.000 h)
- Independiente de los ciclos de encendido
- Alta emisión luminosa (60-80lm/W)
- Índice de reproducción cromática: Ra=80
- Gama cromática: se puede presentar en diversos colores de temperatura (neutra, cálida, Fría)

- Luz blanca: 3000K a 6000K
- No radiación de IR/UV: No contiene la luz ultravioleta o radiación UV es una parte del espectro electromagnético situada por debajo de la luz visible, con longitud de onda desde los 180 nm a 400 nanómetros. Ni Los infrarrojos o radiación IR al igual que el ultravioleta o la luz visible son una porción de la radiación electromagnética, que va desde los 700 nanómetros (por encima de la luz visible) hasta 10000.
- Tamaño reducido.
- Posibilidad de regulación luminosa.
- Encendido instantáneo (<10ms).
- Resistencia mecánica (vibraciones e impactos).

) **Desventajas**

- Evacuación de calor: debido a que dentro de su sistema contiene equipos auxiliares para su funcionamiento, estos generan calor y su evacuación es muy poca.
- Gama de potencias: según el número de Leds su potencia varia de 30W hasta su Max de 250W como por ejemplo 90W (48 diodos emisores de luz) o de 110W (64 diodos emisores de luz).
- Necesidad de equipo auxiliar (Fuente AC/DC, Drive led).
- Sensible a la temperatura: debido a su poca evacuación de calor y a los Equipos Auxiliares.

3.5.2 Eficiencia de la tecnología LED frente a otras luminarias

En los últimos años se ha estudiado la tecnología LED a fin de implementar su uso en el país, ya que se caracterizan por tener: una vida útil extensa, un bajo consumo de energía y mayor rendimiento debido a una mejor manipulación en el direccionamiento de la luz; actualmente se han logrado instalar alrededor de 4.300 luminarias LED gracias al primer paso que han dado algunas empresas eléctricas ocasionando sus indicios a nivel nacional, [7]

a) Modernas fuentes de luz para instalaciones nuevas y existentes

- Los LED no solo convencen por su larga duración, además alcanzan la máxima potencia lumínica de inmediato tras el encendido. Son rápidas y pueden ser reguladas de forma continua. Con las diferentes temperaturas de color se puede crear ambientes. Y a través de

una óptica adecuada se puede dirigir la luz allí donde es realmente necesaria. De este modo es posible dirigir hacia un objetivo concreto la luz y la energía.

- Las lámparas de vapor de sodio de alta presión generan una luz amarilla cálida y se basan en una tecnología probada y muy eficaz. Por su espectro cromático, su luz es menos atrayente para los insectos. La regulación de estas lámparas abarca una gama muy amplia, también con balastos magnéticos y, además, son especialmente duraderas.
- Las lámparas de halogenuros metálicos con quemador de cerámica puntúan con todas las ventajas que lleva consigo la luz blanca. Son consideradas estéticas y mejoran claramente la percepción de los contrastes. Además, con la misma iluminancia, la luz blanca es percibida como mucho más brillante que la luz amarilla. Ese efecto permite reducir las potencias en vatios y de ese modo ahorrar energía. [8]

b) Eficiencia energética y ahorro económico

Las lámparas utilizadas en alumbrado público deben caracterizarse por ciertas cualidades que vienen impuestas por las propias exigencias específicas de funcionamiento. Las dos características esenciales que deben reunir las lámparas son las siguientes:

1.-Eficacia Luminosa: una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).

2.-Duración de la Vida Económica: definida como la duración de vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo del lumen-hora). Esta duración depende de un cierto número de factores técnicos tales como:

- La duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización y de instalación.
- El flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo. [9]

Actualmente una luminaria de LED puede alcanzar en términos de eficacia de fuente de luz valores solo ligeramente por debajo de los que se obtienen con otras fuentes de luz tradicionales de tecnología actual como las lámparas de vapor sodio de alta presión (VSAP) o las lámparas de halogenuros metálicos (HM) con quemador cerámico (ambas emplean la misma tecnología). Esto será así siempre que el sistema esté diseñado, dimensionado y configurado para mantener en condiciones óptimas el funcionamiento del LED, como se aprecia en la **tabla 3.4** [8]

Tabla 3.4 Comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación.

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)	IRC (Índice de reproducción Cromática)
Halógena	20	1.200	100
Halogenuros metálicos	70 – 108	15.000	90
Fluorescente	60 – 100	8.000	80
Sodio baja presión	120 – 200	16.000	25
Sodio alta presión	95 – 130	28.000	45
LED	90 – 120	>50.000	>75

Fuente: [8]

Una iluminación con LED puede obtener una mayor eficiencia, aun ofreciendo una eficacia luminosa (lm/W) de fuente de luz inferior, gracias a su mayor capacidad de poner la luz en su sitio. Esto consigue que, aunque la luminaria emita menos luz a causa de su menor eficacia final, los lúmenes que llegan a la superficie o espacio a iluminar lo hagan en un mayor porcentaje. [8]

La aparición de los LED abre un interesante panorama comparativo, pues, aunque sus lámparas son más caras, son técnicamente más ventajosas: más eficientes, más duraderas, de reencendido instantáneo, con regulación del flujo, no parpadean, con mejor rendimiento cromático y sin mercurio. Como en una lámpara LED el flujo luminoso puede variar de forma continua, esta tecnología permite conseguir un ahorro adicional regulándolo a lo largo de toda su vida, compensando su curva de depreciación del flujo. Otro ahorro con LED se puede conseguir con el alumbrado presencial, que consiste en reducir drásticamente en cada calle el nivel de iluminación cuando no hay tráfico de personas ni vehículos. [10]

3.6 Afecciones o problemas por la luminosidad

3.6.1 Necesidades lumínicas del ser humano y el bienestar

Las necesidades lumínicas del ser humano son complejas: las emociones, las acciones, la percepción, y la salud son influenciadas por la iluminación. [12]

Las principales necesidades del ser humano que tienen relación con la iluminación son:

a) Visibilidad

Es la habilidad de extraer información del campo de la visión.

Contraste, luminancia, tiempo y tamaño son las variables que tienen más influencia en la visibilidad de los objetos. La edad también modifica esta relación. [12]

b) Realización adecuada de la tarea

La realización adecuada de una tarea es una necesidad humana esencial. La tarea se refiere a la actividad del usuario. La iluminación puede permitir a los usuarios la realización correcta de su trabajo. La realización adecuada de una tarea y la visión adecuada no son sinónimas, de hecho, muchos factores no visuales contribuyen significativamente a la realización de una tarea. [12]

c) Ambiente y atmósfera

La necesidad de un adecuado ambiente y atmosfera comprende la respuesta emocional hacia un ambiente lumínico. La preferencia, la satisfacción, la relajación o la estimulación son influenciadas por la iluminación. [12]

d) Confort visual

El confort visual es una necesidad humana esencial que puede afectar la realización adecuada de una tarea, la salud, la seguridad, así como el ambiente y la atmosfera. [12]

e) Juicio estético

La necesidad de un juicio estético difiere de la respuesta emocional. El ser humano parece necesitar encontrarle un sentido a lo que ve, por tanto, esta información debe estar inmediatamente disponible o implícita en la escena visual. [12]

f) Salud, seguridad y bienestar

Pese a que estas son necesidades de primera importancia, la salud, la seguridad y el bienestar son muy frecuentemente pasadas por alto. La iluminación tiene un impacto directo

sobre la vigilia y el estado de los ciclos circadianos (ciclo sueño-vigilia) por supresión de la producción de melatonina que afecta el cerebro. [12]

g) Comunicación social

La comunicación social necesita incluir la creación de condiciones lumínicas que conduzcan a tal comunicación en un escenario. Especialmente la apariencia facial, ya que la mayoría de la comunicación humana ocurre en un sentido no-verbal. [12]

3.6.2 Distribución espectral

Una emisión luminosa está compuesta por ondas de distintas longitudes de onda (una mezcla). La distribución espectral, indica las diferentes longitudes de onda en nanómetros (nm) y sus valores relativos de energía respecto a la máxima radiada que se toma como el 100%.

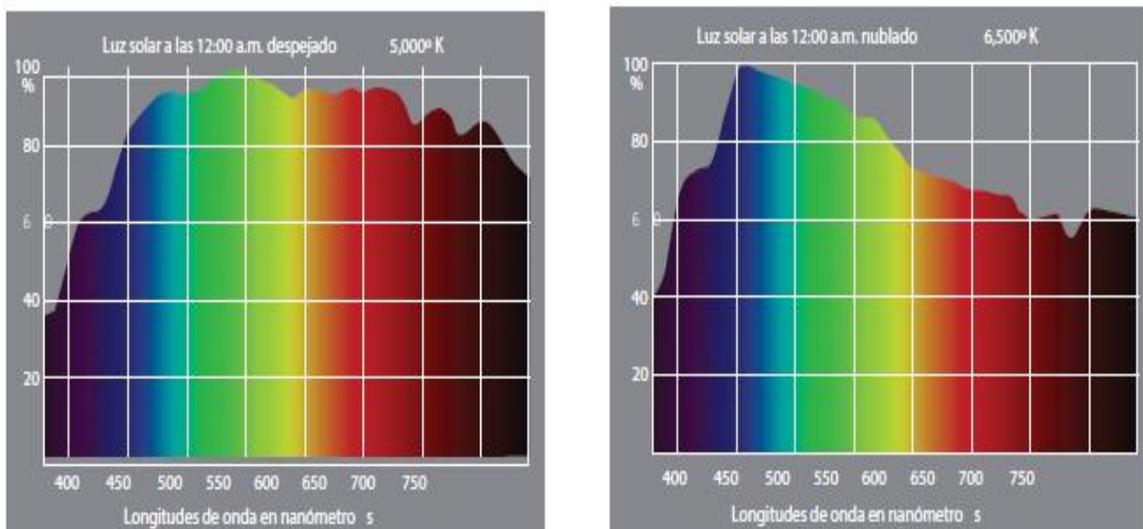


Figura 3.8 Ejemplos de distribución espectral visible

Fuente: [2]

La vista suma todas las longitudes de onda del espectro visible, haciéndolas indistinguibles, el color resultante de una mezcla de luces es más parecido al color de la luz con mayor luminancia en una relación como la indicada en la **figura 3.8**. La descripción más completa de las características de color de una lámpara sólo puede ofrecerse mediante una gráfica detallada de la potencia relativa emitida en las distintas regiones del espectro.

Esta gráfica, con barras de color para indicar los colores correspondientes a las distintas longitudes de onda, resulta muy útil para obtener una impresión visual del equilibrio cromático en una lámpara.

3.6.3 Sensibilidad espectral del ojo humano

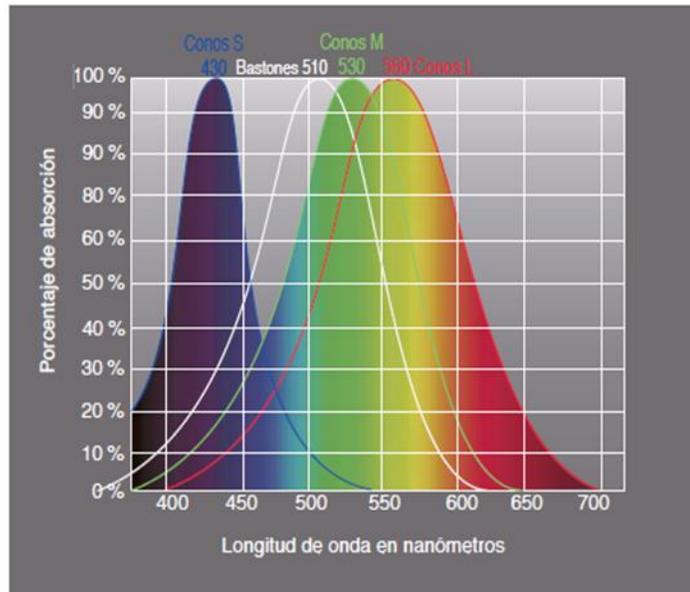


Figura 3.9 Curva de sensibilidad del ojo a las radiaciones monocromáticas

Fuente: [2]

La sensibilidad del ojo humano a la luz de ciertas intensidades varía notoriamente entre los rangos de longitudes de onda comprendidos entre los 380 nm y los 800 nm.

En condiciones con luz de día, el ojo humano es más sensible en promedio a la longitud de onda de 555 nm, resultando como hecho que la luz verde en esta longitud da la sensación de mayor brillantez comparada con la luz de otras longitudes de onda.

En la **figura 3.9** se observa lo que se denomina visión fotópica que es la visión de día, en la cual los conos son los responsables de la visión, determinando gran distinción de los colores, y en donde se tiene por lo menos varias candelas por m^2 ; cuando las luminancias son muy bajas, con niveles de centésimos de candela por m^2 , los que actúan son los bastones, que tienen mayor sensibilidad pero no dan respuesta a los colores, a esta visión nocturna se le denomina visión escotópica.

Sin luz no puede haber visión, y en la más completa oscuridad, el ojo no tiene actividad, por lo tanto, no puede mandar al cerebro ninguna señal que se pueda detectar como visión, careciendo por tanto de información del medio que lo rodea. Por ello el primer elemento indispensable para la percepción visual es la existencia de “luz”, pero esta luz, que llega al ojo como luminancia, emitida por las fuentes de luz primaria o bien por la reflexión en los objetos de esa luz (fuente secundaria),

proporciona “diferencias” de luminancias en todo el escenario visual, que el ojo percibe en forma de “brillo” si ve la sensación que mejor entendemos.

Este brillo es directamente proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional a la superficie luminosa que la emite; por ello una fuente luminosa de poca intensidad, y de poca superficie emisora, puede resultar más brillante que otra de alta intensidad luminosa, pero de gran superficie.

3.6.4 Deslumbramiento

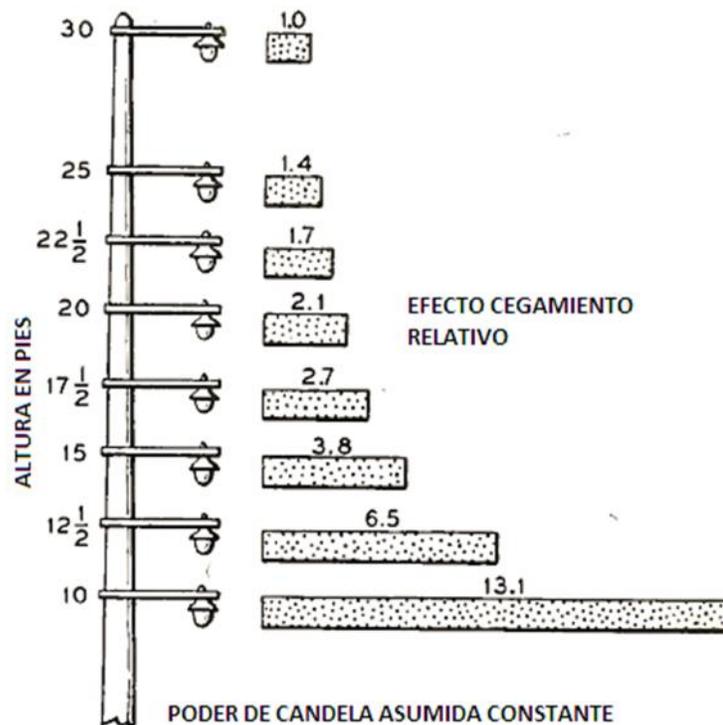


Figura 3.10 Efecto cegador relativo del resplandor de luminarias montadas a varias alturas arriba una calle.

Fuente: [3]

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia a la vista y disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos.

Los efectos del resplandor son para reducir la visibilidad y causa incomodidad ocular. Un reconocimiento general medios de minimizar el efecto del resplandor sobre la visibilidad es instalar bien las luminarias por encima del nivel de la calle en para eliminarlos en la medida de lo posible desde el eje visual, [3] como se aprecia en la **figura 3.10**.

a) Deslumbramiento molesto

El deslumbramiento de tipo psicológico o molesto, produce una sensación desagradable y aunque no se pierda la visión de los objetos, produce fatiga en el conductor, debido a que la pupila se ve forzada a estar ajustándose continuamente a los cambios de luminosidad. [2]

b) Deslumbramiento perturbador

En el deslumbramiento de tipo fisiológico o perturbador, es donde se llega a perder la visión, lo que se puede apreciar en la **figura 3.11**. Todos los deslumbramientos deben ser evitados, puesto que representan una agresión para el ojo del conductor y son causa de accidentes viales.

La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo L_v y la luminancia media de la calzada L_m (entre 0.05 y 5 cd/m^2) [2]



Figura 3.11 Deslumbramiento de fuente luminosa

Fuente: [2]

3.6.5 Alumbrado público ambiental y seguro.

El alumbrado público facilita la orientación y aumenta la seguridad. Al mismo tiempo se emplea cada vez con mayor frecuencia el efecto de la iluminación para crear ambientes. También el marketing de las ciudades ha descubierto la importancia de la iluminación y aprovecha la luz para incrementar su atractivo, sobre todo en los centros de las ciudades, como se aprecia en la **figura 3.12**.

Los requisitos que debe cumplir un sistema de alumbrado son muy exigentes. Las luminarias deben operar bajo cualquier condición meteorológica, cumplir las normas de iluminación y consumir la menor cantidad de energía posible. Nosotros le ayudamos a encontrar la solución más adecuada para cada aplicación. Para usted y sus clientes, sin descuidar al mismo tiempo el medio ambiente y el presupuesto. [13]



Figura 3.12 Alumbrado LED en puentes, avenidas y puertos.

Fuente: [4]

El alumbrado público ofrece muchas posibilidades para ahorrar energía. Lo más adecuado es optimizar las horas de operación de las luminarias y reducir transitoriamente su potencia. También los modernos aparatos de servicio y lámparas de alto rendimiento reducen en gran medida los costes de energía. [13]

3.6.6 Temperatura de color



Figura 3.13 Se clasifican, en grados Kelvin (K), diferentes fuentes de luz según su dominante de color.

Fuente: [14]

Se pueden clasificar las luces “blancas” emitidas por diferentes fuentes por su similitud de color con la radiación que emitía ese metal. Haciendo una comparación con la temperatura a que se calentaba ese metal, surge el concepto de Temperatura de Color, y su medición en Grados Kelvin (K), para medir y clasificar las diferentes luces, como se aprecia en la **figura 3.13**. Por ejemplo, una vela emite una luz de aproximadamente 1800 K, que es igual a la luz emitida por ese metal calentado a 1800° Celsius. La luz del sol tiene una temperatura de color de 5600 K, que es igual a la luz emitida por ese metal calentado a 5600° Celsius [14].

3.6.7 Visión humana

La visión humana, en principio, no registra estas variaciones de dominancia de color. La visión humana se “acomoda” a la luz que ilumina lo que se está viendo, y percibe una hoja blanca como blanca tanto si está iluminada por un velador como por la luz de un día nublado. Pero ese ajuste solamente puede hacerlo cuando la fuente de luz es una sola. Si hacemos la experiencia de poner una hoja blanca cerca de una ventana, iluminada de un lado por la luz que entra del exterior, y por el otro por la luz artificial (cálida) con que esté iluminado el ambiente interior, veremos la hoja del lado interior rojiza, y del lado exterior azulada. [14]

3.6.8 Contradicción térmica

A una imagen azulada (de mayor temperatura de color) la llamamos “Fría”. A una imagen rojiza (de menor temperatura de color) la llamamos “Cálida”. La frialdad o calidez son sensaciones emocionales. Hay diferentes teorías, incluso algunas fisiológicas, que explican estas sensaciones. Concretamente, una imagen azulada nos producirá una sensación de frialdad emocional, y una rojiza o naranja, una sensación de calidez, [14] como se aprecia en la **figura 3.14**.



Figura 3.14 Contradicción Térmica, Luz Cálida y Luz fría.

Fuente: [14]

3.6.9 Iluminación LED y su incidencia en la salud

A la hora de valorar los efectos de la exposición a la luz artificial, y en particular a la producida por fuentes LED, sobre la salud humana es conveniente analizar, entre otros aspectos:

-) La incidencia de la luz procedente de LED sobre los procesos de regulación circadiana y las enfermedades sistémicas asociadas.
-) Los posibles daños oculares derivados de la exposición a este tipo de iluminación.
-) El papel de los LED en la generación o agravamiento de otras patologías.
-) La existencia de situaciones asociadas al uso de LED que dificultan la función visual y pueden representar un riesgo para la salud.
-) Otros aspectos relacionados con la percepción visual y el bienestar. [15]

3.6.10 Parpadeo de una luminaria

La luz artificial parpadea, en general, con mayor o menor intensidad. Esto se debe, en primer lugar, a la tensión alterna del suministro eléctrico y de los dispositivos electrónicos que controlan las lámparas fluorescentes, las de bajo consumo o las de diodos, así como a la inercia del hilo incandescente o del gas fluorescente. La frecuencia de la red eléctrica (50 hercios) y de los equipos electrónicos (en muchos casos del orden de los kilohercios) se transmite a la luz emitida.

En el caso de las bombillas incandescentes y las lámparas halógenas, lo hace de forma moderada, armoniosa y constante, mientras que en el de las lámparas de bajo consumo los LED lo hace de manera disarmónica y con un parpadeo tan intenso que resulta desagradable. Únicamente las lámparas especiales, alimentadas con corriente continua o desde baterías, brillan uniformemente y sin parpadear. [15]

3.6.11 Sistema circadiano y disrupción circadiana (CD)

El sistema principal para mantener el orden temporal en mamíferos es el sistema circadiano (SC) compuesto por: un reloj principal en los núcleos supraquiasmáticos (NSQ) del hipotálamo y osciladores periféricos en la mayoría de las células y los tejidos; vías de entrada, que conducen la información relativa al ciclo luz-oscuridad hasta el marcapasos; y vías de salida responsables de la coordinación de los ritmos circadianos, como la melatonina, cuya síntesis está controlada por el NSQ pero que también se inhibe directamente por la luz, especialmente por aquellas de longitudes

de onda de entre 460 y 480nm. Esta hormona también se conoce como “la oscuridad química” ya que su secreción se mantiene elevada durante la noche, siempre que se esté en oscuridad, y actúa tanto de reloj como de calendario endocrino.

Además de su acción cronobiótica presenta propiedades antitumorales (de hecho, su inhibición se postula como uno de los mecanismos que vincula la luz nocturna con algunos tipos de cáncer neuroprotectoras, inmunomoduladoras, antiinflamatorias y antioxidantes, y resulta fundamental en los animales con reproducción estacional, activando o inhibiendo el eje gonadal en reproductores de días cortos y de días largos, respectivamente.

La CD se ha definido como una alteración importante del orden temporal interno de los ritmos fisiológicos, bioquímicos y/o comportamentales o de la relación de fase normal entre los distintos ritmos y la exposición a los sincronizadores ambientales, de los que el ciclo luz-oscuridad es el más importante. La exposición a luz durante la noche, una intensidad luminosa reducida o de espectro inadecuado durante el día, o una disminución del contraste en el ciclo luz-oscuridad contribuyen a generar CD. En la CD se produce una disminución de la amplitud de los ritmos, llegando en algunos casos a una asincronía total, y avances o retrasos de fase entre los relojes periféricos y el marcapasos que puede llegar incluso a una inversión de los ritmos. Hoy sabemos, por los numerosos estudios epidemiológicos, clínicos y de experimentación con modelos animales, que la CD, en particular la producida por la luz artificial en horas nocturnas, en las que nuestro cuerpo espera estar en condiciones de oscuridad natural, está relacionada con un gran número de patologías entre otras el aumento de la incidencia de síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, alteraciones cognitivas, afectivas, algunos tipos de cáncer (mama, próstata y colorrectal y envejecimiento prematuro. [15]

El tipo de luz blanca azulada es el tipo más contaminante de forma lumínica ya que se propaga de forma muy rápida y eficaz por la atmosfera. Este tipo de luz es la que causa una mayor contaminación lumínica, ya que es la que se difunde con mayor eficacia en la atmósfera. Esto incrementa el característico resplandor luminoso que se crea sobre las poblaciones, afectando a las observaciones astronómicas perturbando la oscuridad natural del medio nocturno a cientos de kilómetros de distancia de las mismas. Algunas empresas sostienen que, debido a la capacidad que tienen los LED de proyectar su flujo luminoso de forma muy direccional, evitan la contaminación lumínica ya que no difunden luz por encima del horizonte. Esto no es cierto, pues nada impide

(salvo el sentido común) diseñar luminarias fuertemente contaminantes con LED y, de hecho, existen luminarias orientables que lo dejan al criterio del instalador. La luz blanco azulada es también la que más altera la conducta de las especies de vida nocturna y, por tanto, la que más afecta a la conservación de la biodiversidad en sus condiciones naturales. En las normativas sobre alumbrado más avanzadas se exige que las luminarias tengan una mínima emisión de flujo luminoso por debajo de los 500 nanómetros. Es claro, por consiguiente, que el uso de los LED actuales queda desaconsejado por dichas normativas. Así mismo, la luz blanco azulada de los LED es la que provoca de forma más rápida la inhibición de la secreción de la hormona melatonina por parte de la glándula pineal en los seres humanos, como se aprecia en la **figura 1.15**. Esto se debe a que los receptores circadianos que poseemos en la retina (además de los conos y bastones) son precisamente más sensibles a ese pico de emisión luminosa en las longitudes de onda azules. [8]

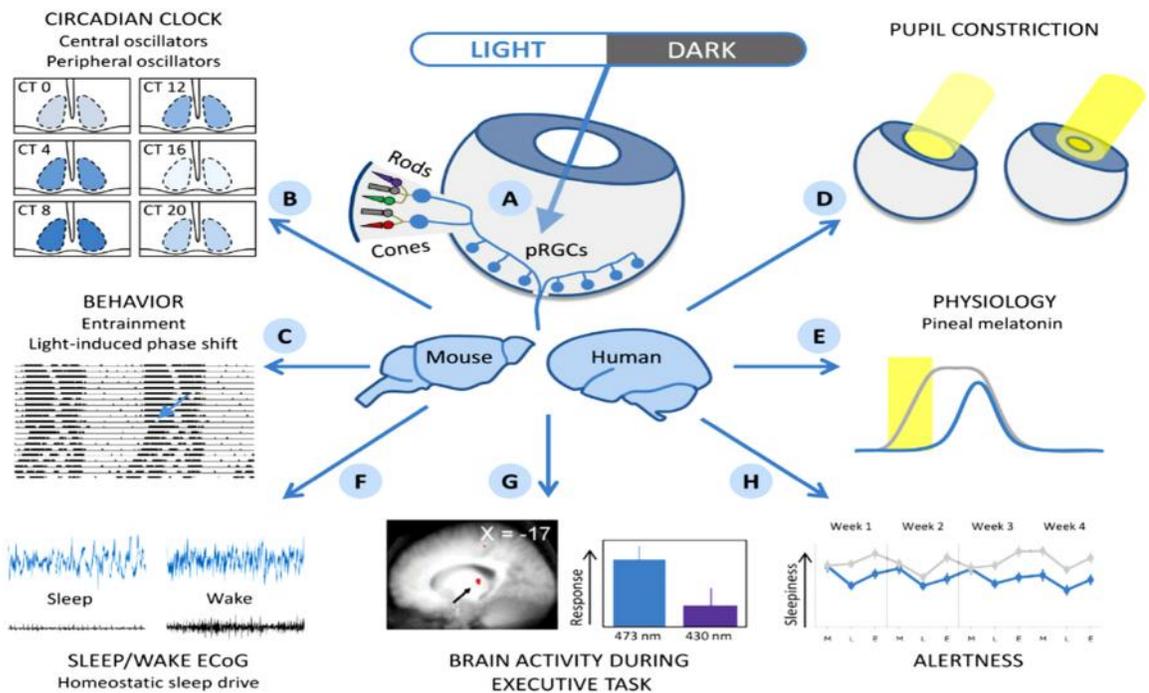


Figura 3.15 Diagrama de los efectos no visuales de la luz. La luz mediante células ganglionares intrínsecamente fotosensibles (A) induce múltiples efectos en funciones no visuales, tales como: reajuste del marcapasos circadiano (B), encarrilamiento de los ritmos comportamentales (C), contracción pupilar (D), inhibición de la secreción de melatonina (E), alteración en el EEG (electroencefalograma) (F), activación selectiva de centros en el cerebro (G) y generación de alerta (H).

Fuente: [15]

4 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD Y DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS NECESARIOS EN EL ALUMBRADO DEL SECTOR

4.1 Recopilación de información existente por medio del método de la cuadrícula

Para aplicar la técnica de la cuadrícula se requiere obtener un plano del área determinada como muestra y adicionalmente conocer las dimensiones exactas del sector en cuanto a largo y ancho de las avenidas, además de la altura de instalación de las luminarias existentes, para definir los puntos exactos en donde se deberá tomar las medidas de los diferentes niveles de iluminación existentes, el plano del sector se puede apreciar en el anexo 6.

La **tabla 4.1** se empleará para la agrupación de las medidas existentes en base a las avenidas del sector.

Tabla 4.1 Dimensiones del sector

DATOS DE LAS AVENIDAS						
Largo						
Ancho						
Altura de montaje						

Para obtener los datos de la cuadrícula se debe calcular el índice del lugar (k)

$$\text{Índice del lugar } k = \frac{\text{largo} * \text{ancho}}{\text{altura de montaje} * \text{largo} \Gamma \text{ ancho}} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Luego, se calcula el número mínimo de puntos de medición

$$N = \sqrt{k} \Gamma 2 \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Dónde: X = k redondeado al entero superior

Se divide el lugar en una cuadrícula cuyo número de cuadrados será igual al obtenido anteriormente (N) y se mide el nivel de iluminación en el centro de cada cuadrado.

Para la recolección y agrupación de los datos medidos se utilizará la **tabla 4.2**, misma que indicara los niveles de iluminación existente, y las luminarias que se encuentran alrededor.

Tabla 4.2 Niveles de iluminación

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
valor de iluminancia promedio (lux)		
valor de iluminancia promedio (cd)		

Una vez obtenidos los valores de iluminancia existentes se debe obtener el nivel de iluminación promedio del sector.

$$E_m = \frac{\text{valores medidos } fLuxA}{f\text{cantidad de puntos medidos}A} \tag{Ec. (4.3)}$$

Dónde: Em: Es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

4.2 Cálculo de los parámetros con los que debe cumplir el alumbrado público del sector

Para determinar los parámetros mencionados se ha realizado el siguiente diagrama de flujo en donde se explica de forma clara y precisa el proceso a seguir para el correcto dimensionamiento de las avenidas del sector en base a la densidad de tráfico vehicular y peatonal existente, y además el proceso de cálculo a seguir para la determinación de los parámetros como altura, tipo de luminaria, distancia de separación entre luminarias y distribución de las mismas que debe cumplir el alumbrado público dispuesto en la zona como se puede apreciar en la **figura 4.1**.

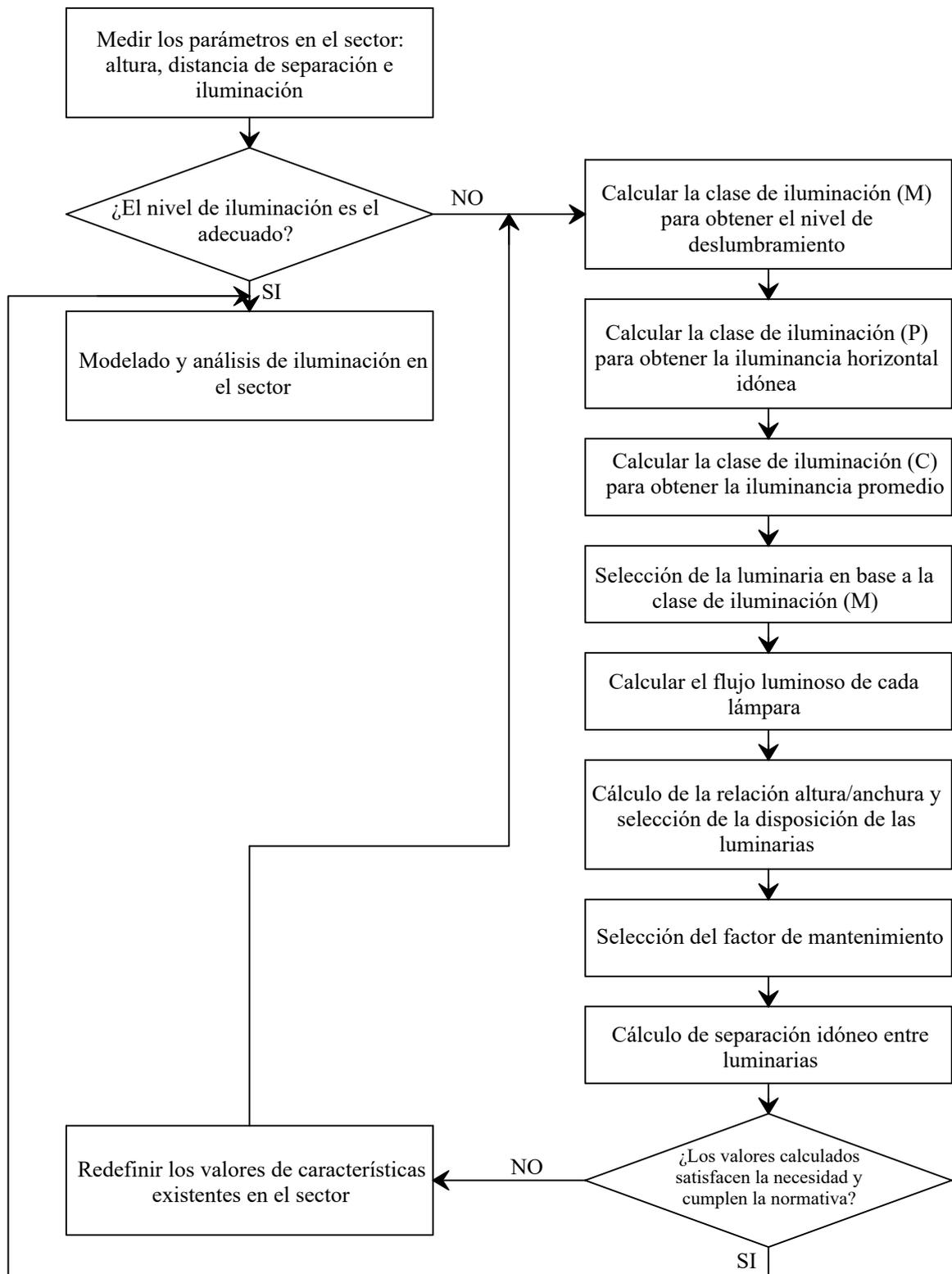


Fig 4.1 Diagrama de flujo

➤ **Determinar las clases de iluminación (M), (P) y (C).**

Estos valores dependen de las características, clase de pavimento, clase de vía, intensidad del tráfico, entre otros. Lo cual se obtendrá mediante las tablas existentes en la Regulación Dispuesta por el Arconel en su REGULACIÓN No. CONELEC 005/14 en las tablas 2, 4 y 6. Disponible en el **Anexo 2**.

Para la agrupación de los datos obtenidos acerca de las clases de iluminación existentes se utilizará la **tabla 4.3**.

Tabla 4.3 Clases de iluminación

ILUMINACION (M)					
Clase de iluminación	Tipo de superficie			Incremento de umbral	Relación de alrededor
	Seco	Mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	Ti %
ILUMINACION (P)					
Clase de iluminación	Tipo de aplicación				
	Iluminancia horizontal (lx)				
	Referida a nivel de la superficie de uso				
	Promedio	Mínimo			
ILUMINACION (C)					
Clases de iluminación	Iluminancia promedio E	Uniformidad de la iluminancia Uo	Incremento de umbral (%)		
			Moderada y alta velocidad	Baja y muy baja velocidad	

➤ **Escoger el tipo de lámpara (sodio y led)**

Esto se realiza basándose en la clase de iluminación (M) y la altura de montaje necesarias para el sector sin exceder el flujo luminoso máximo recomendado en cada intervalo, esto se realiza basándose en los catálogos: Catálogo-Shark-Led y Catálogo de Novak de Ledex. Disponible en el **Anexo 3 y 4**.

➤ **Calcular el flujo luminoso útil o factor de utilización emitido por la luminaria seleccionada**

Para esto se debe utilizar los datos existentes provistos por el fabricante y detallados en los catálogos. Es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

$$y X \frac{\theta_{\text{útil}}}{\theta_L} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Este dato se tomará del **Anexo 1**.

Por lo tanto.

$$\Phi_L = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\eta} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Dónde: Φ_L = Flujo luminoso de la lámpara
 $\Phi_{\text{útil}}$ = Flujo útil total de la luminaria (dato de catálogo).
 η = rendimiento de la luminaria (dato de catálogo)

➤ **Elegir la disposición de luminarias más adecuada**

Según el resultado de la relación entre la anchura de la calzada y la altura de las luminarias con los datos en la **tabla 4.1** y utilizando la **tabla 4.4**.

$$R X \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación}} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Tabla 4.4 Relación anchura/altura

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	1
Tresbolillo	1 < A/H 1.5
Pareada	>1.5

Fuente: [17]

➤ **Determinar el factor de mantenimiento (Fm)**

Se obtiene el factor de mantenimiento dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento, entre otros.). Normalmente esto es difícil de evaluar y se recomienda tomar un valor no superior a 0.8 (habitualmente 0.7). o podemos tener referencia en la **tabla 4.5**.

Tabla 4.5 Factor de mantenimiento

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Fuente: [17]

) Cálculo de la separación entre luminarias

Una vez fijados los datos de entrada, podemos proceder al cálculo de la separación (d) idóneo entre las luminarias existentes en el sector como se muestra en la **figura 4.2** utilizando la expresión de la iluminancia media.

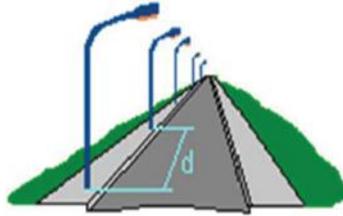


Figura 4.2 La distancia de separación adecuada entre las luminarias

Fuente: [17]

$$E_m \times \frac{y * F_m * \theta_L}{A * d} \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Dónde: Em: Es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.

y: Es el factor de utilización de la instalación.

Fm: Es el factor de mantenimiento.

L: Es el flujo luminoso de la lámpara.

A: Es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.

Son datos conocidos:

d: es la separación entre las luminarias. y la incógnita a resolver, por lo tanto:

$$d \times \frac{y * F_m * \theta_L}{A * E_m} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Una vez obtenidos todos los parámetros importantes que se supone debería cumplir el alumbrado público del sector para no exceder los niveles de iluminación normalizados, se agruparan utilizando **la tabla 4.6.**

Tabla 4.6 Parámetros idóneos para el alumbrado público del sector

Avenida Darquea									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
Avenida Primera Imprenta									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
Avenida Unidad Nacional									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
Avenida Luis Antonio Portero									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
Avenida 5 de Junio									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
Avenida Abdón Calderón									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación

4.3 Índice de deslumbramiento

El **índice de deslumbramiento GR** (Glare Rating) en iluminación de exteriores evalúa el nivel de deslumbramiento utilizando las herramientas dispuestas por el software DiaLUX. Actualmente es el método aceptado para evaluar el deslumbramiento en instalaciones de alumbrado que utilicen proyectores [18]

El índice de deslumbramiento obtenido en el sector se evaluará utilizando el software DiaLUX mediante una simulación que se realizará con los parámetros existentes actualmente en el sector y utilizando la **tabla 4.7** que clasifica el nivel de deslumbramiento.

Tabla 4.7 Evaluación del deslumbramiento mediante el Índice del GR

Deslumbramiento	Índice de GR
Insoportable	80-90
Molesto	60-70
Admisible	40-50
Evidente	20-30
Inapreciable	10

Fuente: [18]

4.4 Tipo de proyecto y parámetros utilizados para realizar la simulación en software DiaLUX

Se realizará un proyecto de iluminación de carreteras que abarque todo el sector muestra en el programa DiaLUX del cual se obtendrá los niveles de iluminación en carretera con las luminarias y datos de instalación actuales, posteriormente se realizara otra simulación variando las distancias de instalación y normalizando la altura hasta los valores que se determinó mediante el proceso de cálculo.

Finalmente se realizará la comparación entre los niveles de iluminación actuales y los niveles normalizados obtenidos mediante el cálculo que garanticen el confort visual de la población.

) **Puntos del lugar de muestra tomados con GPS**

Los datos de la **tabla 4.8** se tomaron con la ayuda de una aplicación GPS en el lugar determinado como muestra y se pueden apreciar las imágenes en el **Anexo 5**.

Tabla 4.8 Puntos de referencia del sector

DIRECCION	LONGITUD	LATITUD
Primera Imprenta, Ambato	S 1°14'5.9892"	W 78°37'14.5056"
Unidad Nacional 806, Ambato	S 1°14'7.7676"	W 78°37'19.5312"
Darquea, Ambato	S 1°14'4.6932"	W 78°37'14.9592"
Primera Imprenta 2133, Ambato	S 1°14'9.6108"	W 78°37'18.4548"
Primera Imprenta, Ambato	S 1°14'11.2236"	W 78°37'20.3376"
5 de Junio 133, Ambato	S 1°14'9.528"	W 78°37'21.3744"
Unidad Nacional 806, Ambato	S 1°14'8.2356"	W 78°37'19.9128"
Primera Imprenta 2133, Ambato	S 1°14'9.996"	W 78°37'18.9084"

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos más relevantes obtenidos en el análisis bibliográfico realizado por el grupo de investigación son:

-) Los tipos de distribución de luminarias más utilizadas en iluminación pública.
-) Los niveles de iluminación requeridos en la iluminación de exteriores establecidos por las normativas vigentes (ARCONEL, MEER).
-) Las luminarias que actualmente se utilizan en el Ecuador para iluminación de exteriores.
-) Las ventajas y desventajas que tiene la iluminación LED con respecto a las demás luminarias y su influencia en la salud de las personas.

Los niveles de iluminación existentes en el sector, luego de hacer la respectiva inspección se encuentran en alrededor de 70lux/m².

Al revisar las fotografías obtenidas durante la inspección se puede notar claramente que las luminarias se encuentran empotradas en las paredes de las viviendas, por lo que generan una introducción de luminosidad a las mismas.

Para reducir los niveles de iluminación en el sector, el grupo de investigación propone realizar una variación, ya sea de la altura de instalación de las luminarias o de su distancia de separación.

En este punto se aplica el método de la cuadrícula para realizar las respectivas mediciones de luminosidad en el sector.

Relevamiento de datos

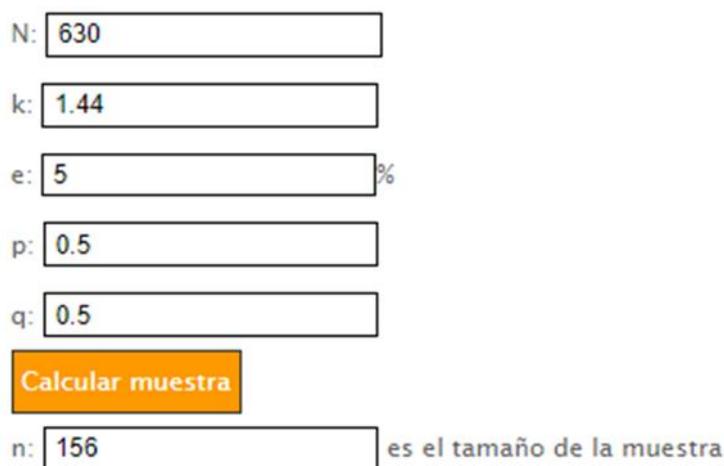
Se trata de obtener la mayor cantidad de datos posibles del lugar, para ello se debe obtener:

) Cálculo de la muestra para determinar el sector como se muestra en la **figura 5.1**

Debemos tener en cuenta el número de luminarias cambiadas con información directa a la empresa local de suministro Eléctrico EASA, luminarias las cuales se encuentran en los diferentes sectores del centro de la ciudad y el Sector de Ficoa de la Ciudad de Ambato, este número comprende en 630 luminarias cambiadas según datos de la revista Anual de EASA en el 2018.

Este cálculo se lo realizo mediante el portal web:

<https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculiar.html>



The image shows a web-based sample size calculator interface. It consists of several input fields and a calculation button. The inputs are: N: 630, k: 1.44, e: 5%, p: 0.5, and q: 0.5. Below these is an orange button labeled 'Calcular muestra'. The result is shown in a field labeled 'n: 156 es el tamaño de la muestra'.

N:	630
k:	1.44
e:	5%
p:	0.5
q:	0.5
Calcular muestra	
n:	156 es el tamaño de la muestra

Figura 5.1 Determinación de la muestra mediante un portal Web.

Fuente: portal Web

Mediante el cálculo de la muestra aritmética se obtuvo que la muestra es de 156 luminarias, despreciando las avenidas principales del sector que son 6 resulta que la muestra en el sector residencial es de 26 luminarias.

) Planos o croquis del sector Disposición actual de la iluminación

El plano de la muestra se encuentra disponible en el **Anexo 6**, cuenta con un número total de 27 luminarias con su debida distribución.

5.1 Determinación de la cuadrícula para la toma de mediciones

Para la aplicación de este método se realiza un cálculo que determine el número de cuadros que tendrá la cuadrícula, esto se hace en cada una de las avenidas del sector seleccionado, ya que son diferentes en cuanto a dimensiones de largo y ancho. Las dimensiones de cada avenida se encuentran en la **tabla 5.1**

Tabla 5.1 Valores de distancia de las avenidas del sector.

DIMENSIONES DE LAS AVENIDAS						
	Avenida Darquea	Primera Imprenta	Unidad Nacional	Luis Antonio Portero	5 de Junio	Abdón Calderón
Largo	246	241	56	59	116	45
Ancho	12	12	24	8	12	12
Altura	9	9,43	9,5	9	9,8	10

Para aplicar el método de la cuadrícula realizamos el cálculo respectivo. Esto se debe realizar para cada una de las avenidas que se van a analizar.

Los cálculos realizados para determinar las cuadrículas en cada una de las avenidas se puede apreciar en el **anexo 7**.

En la **tabla 5.2** se puede apreciar de forma abreviada el número de mediciones que se deben realizar en cada avenida de acuerdo con el método de la cuadrícula

Tabla 5.2 Número de mediciones a realizar por avenida.

Avenida Darquea	Primera Imprenta	Unidad Nacional	Luis Antonio Portero	5 de Junio	Abdón Calderón
2	2	2	1	2	1
16	16	16	9	16	9

5.2 Mediciones realizadas en el sector

Inicialmente se debe realizar un levantamiento de información de la red de alumbrado público del sector mediante una hoja de estacamiento disponible en el **Anexo 8**. Para hacer los cálculos necesarios en el sector se debe previamente realizar las mediciones correspondientes, esto se puede verificar con las fotografías y las tablas existentes en el **anexo 9**, se debe tener en cuenta que de las mediciones realizadas se necesita obtener un promedio para utilizarlo como nivel de referencia de iluminación actual en el sector.

5.2.1 Determinación de la iluminancia promedio

Los datos de iluminancia obtenidos en las avenidas se encuentran organizados en la **tabla 5.3**. En dicha tabla se encuentran también indicadas las luminarias existentes en la avenida y asociadas junto al nivel de iluminación que se obtuvo en el área de la luminaria

Tabla 5.3 Datos de iluminancia promedio.

	Iluminancia promedio (lux)	Iluminancia promedio (cd)
Avenida Darquea	33,175	0,66
Avenida Primera Imprenta	29,844	0,55
Avenida Unidad Nacional	36,525	16,23
Avenida Luis Antonio Portero	32,22	8,06
Avenida 5 de Junio	29,256	3,36
Avenida Abdón Calderón	22,06	9,8

5.3 Cálculo de los parámetros idóneos para el sector

Las tablas con los parámetros reales existentes de cada avenida y los cálculos realizados para la obtención de los valores idóneos de iluminación para llegar finalmente a una adecuada distancia de separación de las luminarias se encuentran disponibles en el **anexo 10**.

5.3.1 Niveles de iluminación (M), (P) y (C)

Para determinar los niveles de iluminación que deberían existir en el sector se utiliza las tablas 1, 3 y 5 dispuestas por el ARCONEL en su REGULACIÓN N° CONELEC 005/14, mismas que se

encuentran disponibles en el **anexo 2**. Se debe realizar la calificación del sector en base al tipo y densidad de tráfico, tipo de calzada, velocidad de circulación, entre otros parámetros, utilizando los valores reales considerados prudentes en cada avenida del sector en que se va a realizar el análisis a continuación en las **tablas 5.4** hasta **5.6** se presentan los resultados.

Tabla 5.4 Tipos de iluminación Tipo (M) por Calles o Avenidas.

ILUMINACION (M)							
Calle o Avenida	Clase de iluminación	Tipo de superficie				Incremento de umbral	Relación de alrededor
		Seco	mojado				
		Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	Ti %	SR
Darque	M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
Primera							
Imprenta							
Unidad Nacional							
Luis Portero							
5 de junio							
Abdón Calderón							

Tabla 5.5 Tipos de iluminación Tipo (P) por Calles o Avenidas.

ILUMINACION (P)			
Calle o Avenida	Clase de iluminación	Tipo de aplicación	
		Iluminancia horizontal (lx)	
		Referida a nivel de la superficie de uso	
		Promedio	Mínimo
Darque	P4	5	1
Primera Imprenta	P3	7,5	1,5
Unidad Nacional	P4	5	1
Luis Portero			
5 de junio			
Abdón Calderón	P3	7,5	1,5

Tabla 5.6 Tipos de iluminación Tipo (C) por Calles o Avenidas

ILUMINACION (C)					
Calle o Avenida	Clases de iluminación	Iluminancia promedio E	Uniformidad de la iluminancia U _o	Incremento de umbral (%)	
				Moderada y alta velocidad	Baja y muy baja velocidad
Darque	C4	10	0,4	15	20
Primera Imprenta					
Unidad Nacional	C3	15	0,4	15	20
Luis Portero	C4	10	0,4	15	20
5 de junio					
Abdón Calderón					

5.3.2. Parámetros para iluminación pública redefinidos

Para llevar los parámetros de iluminación del alumbrado público dispuesto actualmente en el sector hasta los niveles de iluminación e iluminancia mínimos establecidos por normativas se realiza el rediseño de todos los parámetros existentes, con la finalidad de llegar a una diferente pero mejor distribución luminosa, altura de instalación de las luminarias y distancia de separación entre las mismas buscando obtener una mejor iluminación del sector, así como también, mejor descanso y confort de la población

Las modificaciones requeridas por el sector en cuanto a distribución y distancia de separación de las luminarias que se obtuvo mediante el cálculo en cada avenida se pueden apreciar en el plano dispuesto en el **anexo 12**, los resultados de los parámetros obtenidos en la **tabla 5.7**.

Tabla 5.7 Parámetros obtenidos mediante el cálculo para que el sistema de alumbrado público quede en valores dentro de la normativa.

Avenida Darquea									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Tresbolillo	0,7	78,4
Avenida Primera Imprenta									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Tresbolillo	0,7	78,4
Avenida Unidad Nacional									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Pareada	0,7	52,26
Avenida Luis Antonio Portero									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Unilateral	0,7	117,6
Avenida 5 de Junio									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Tresbolillo	0,7	78,4
Avenida Abdón Calderón									
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura	Flujo útil	Fotometría		Flujo total	Distribución	Factor de mantenimiento	Distancia de separación
M3	120	10	13440	T2S	1	13440	Tresbolillo	0,7	78,4

5.4 Análisis del Modelado

El modelado nos brinda los niveles de iluminación y deslumbramiento (GR) en la zona establecida como muestra, de este se toma los valores tanto de la distribución actual como la modificada por el grupo de investigación para su debido análisis, estos datos se encuentran disponibles en el **Anexo 11** y el **Anexo 13**.

5.4.1 Niveles de iluminancia

Las diferentes superficies dispuestas para el cálculo del sector nos muestran los datos de Iluminación media, mínima y máxima del sector como se lo puede apreciar en la **tabla 5.8**

Tabla 5.8 Niveles de iluminancia Actual y Modificado del sector.

	Em (Lux)		Emin (Lux)		Emax (Lux)	
	Actual	Mod.	Actual	Mod.	Actual	Mod.
Superficie de Cálculo 1	17	15	4,3	3,49	45	35
Superficie de Cálculo 2	18	16	0,7	3,77	56	37
Superficie de Cálculo 3	23	16	2	2,22	78	45
Superficie de Cálculo 4	21	16	1	2,2	47	45
Superficie de Cálculo 5	24	13	5,8	0,95	46	35
Superficie de Cálculo 6	22	18	10	5,06	45	40
Superficie de Cálculo 7	40	15	24	8,11	60	23
Superficie de Cálculo 8	27	17	15	6,5	39	35
Superficie de Cálculo 9	23	17	5,6	3,39	51	38
Superficie de Cálculo 10	34	29	21	21	42	37
Superficie de Cálculo 11	27	28	20	20	32	37
Superficie de Cálculo 12	27	22	18	12	36	33
Superficie de Cálculo 13	24	14	8,7	9,78	39	18
Superficie de Cálculo 14	13	20	5,1	7,61	25	34
Superficie de Cálculo 15	18	17	3,9	5,1	34	38
Superficie de Cálculo 16	12	10	0	0	82	44

Mediante la propuesta de modificación se puede mantener la iluminancia media del sector no menor a 10 lux con una pequeña variación del -14,29% y reducir la máxima iluminancia en un 45.12% con esto buscamos la reducción de puntos ciegos y los excesos luminosos en el sector.

Analizando la **figura 5.2** en donde la línea azul representa los valores de iluminancia media existentes en el alumbrado público del sector se puede apreciar que estos llegan a niveles de alrededor de 40 luxes, lo que es un exceso luminoso bastante pronunciado ya que la normativa establece que el nivel idóneo no sobrepasa los 30 luxes como punto crítico de iluminación (lugar

bajo las luminarias), con la variación de la altura y distribución de las luminarias se consiguió que los puntos críticos de iluminación en el sector como se aprecia en la línea roja de la **figura 5.2** llegan a un máximo de 28 luxes, valor que se encuentra dentro del rango establecido por la normativa.

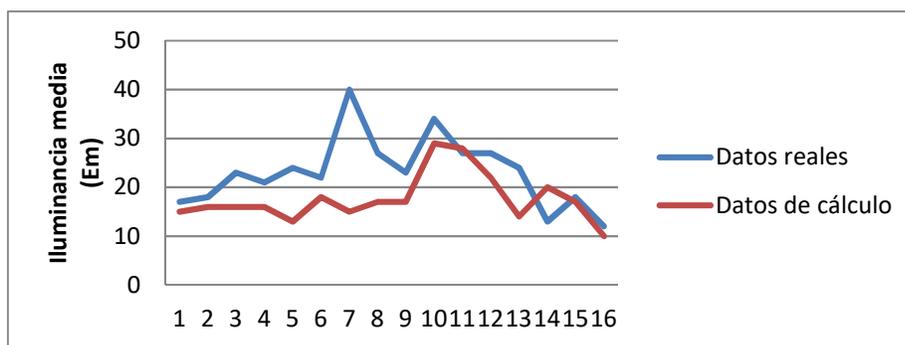


Figura 5.2 Comparación entre los datos reales e ideales de la iluminancia media.

5.4.2 Niveles de deslumbramiento

Tabla 5.9 Niveles de deslumbramiento de la distribución actual con 27 luminarias.

ACTUAL				
Num	Sector	Deslumbramiento	Calificación	Observador
L_1	Primera Imprenta	<10	Inapreciable	GR 1
L_2	Primera Imprenta	<10	Inapreciable	GR 2
L_3	Primera Imprenta	<10	Inapreciable	GR 8
L_4	Primera Imprenta	24	Evidente	GR 9
L_5	Primera Imprenta	23	Evidente	GR 10
L_6	Primera Imprenta	12	Inapreciable	GR 15
L_7	Primera Imprenta	18	Inapreciable	GR 16
L_8	5 de junio	24	Evidente	GR 19
L_9	5 de junio	30	Evidente	GR 25
L_10	5 de junio	19	Inapreciable	GR 26
L_11	5 de junio	24	Evidente	GR 18
L_12	5 de junio	27	Evidente	GR 17
L_13	Luis Antonio Portero	20	Evidente	GR 23
L_14	Luis Antonio Portero	18	Inapreciable	GR 22
L_15	Unidad Nacional	21	Evidente	GR 13
L_16	Unidad Nacional	24	Evidente	GR 14
L_17	Unidad Nacional	23	Evidente	GR 11
L_18	Unidad Nacional	16	Inapreciable	GR 12
L_19	Darque	26	Evidente	GR 20

Continuación de la **Tabla 5.9**

ACTUAL				
Num	Sector	Deslumbramiento	Calificación	Observador
L_20	Darquea	25	Evidente	GR 21
L_21	Darquea	19	Inapreciable	GR 24
L_22	Darquea	19	Inapreciable	GR 5
L_23	Darquea	17	Inapreciable	GR 4
L_24	Darquea	<10	Inapreciable	GR 3
L_25	Darquea	<10	Inapreciable	GR 27
L_26	Abdón Calderón	<10	Inapreciable	GR 6
L_27	Abdón Calderón	<10	Inapreciable	GR 7

Tabla 5.10 Niveles de deslumbramiento de la distribución modificada con 24 luminarias.

Modificado				
NUM	SECTOR	Deslumbramiento	Calificación	Observador
L_1	Primera Imprenta	<10	Inapreciable	GR 20
L_2	Primera Imprenta	12	Inapreciable	GR 19
L_3	Primera Imprenta	11	Inapreciable	GR 16
L_4	Primera Imprenta	15	Inapreciable	GR 15
L_5	Primera Imprenta	18	Inapreciable	GR 9
L_6	Primera Imprenta	<10	Inapreciable	GR 5
L_7	5 de junio	<10	Inapreciable	GR 6
L_8	5 de junio	12	Inapreciable	GR 7
L_9	5 de junio	13	Inapreciable	GR 8
L_10	5 de junio	27	Evidente	GR 1
L_11	Luis Antonio Portero	<10	Inapreciable	GR 4
L_12	Unidad Nacional	23	Evidente	GR 11
L_13	Unidad Nacional	27	Evidente	GR 10
L_14	Unidad Nacional	25	Evidente	GR 12
L_15	Unidad Nacional	27	Evidente	GR 13
L_16	Darquea	25	Evidente	GR 3
L_17	Darquea	21	Evidente	GR 2
L_18	Darquea	15	Inapreciable	GR 14
L_19	Darquea	12	Inapreciable	GR 17
L_20	Darquea	14	Inapreciable	GR 18
L_21	Darquea	14	Inapreciable	GR 21
L_22	Darquea	11	Inapreciable	GR 22
L_23	Abdón Calderón	24	Evidente	GR 23
L_24	Abdón Calderón	16	Inapreciable	GR 24

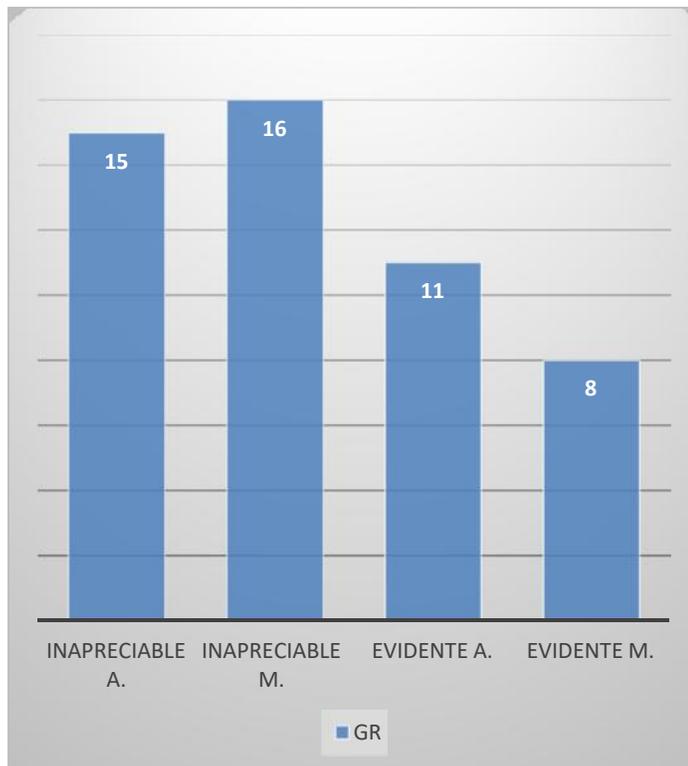
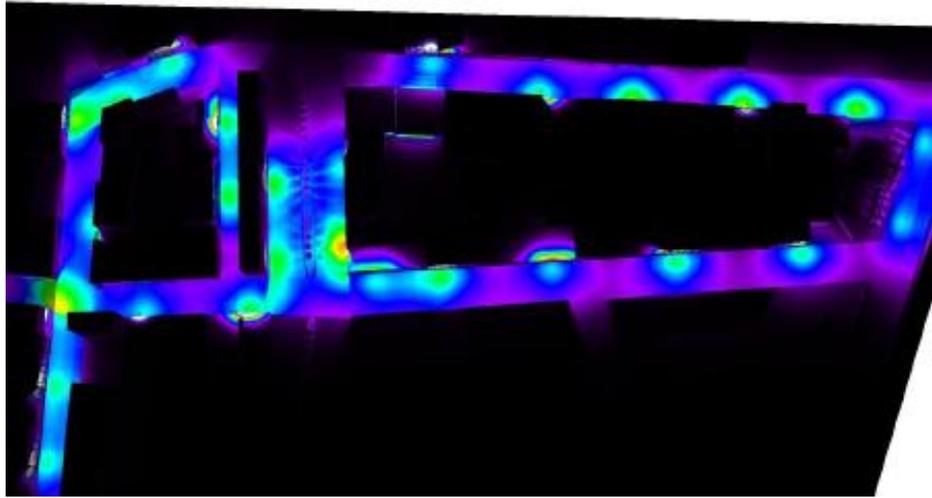


Figura 5.3 Comparación entre los puntos de deslumbramiento actuales con los puntos de deslumbramiento que se obtendrá con la modificación.

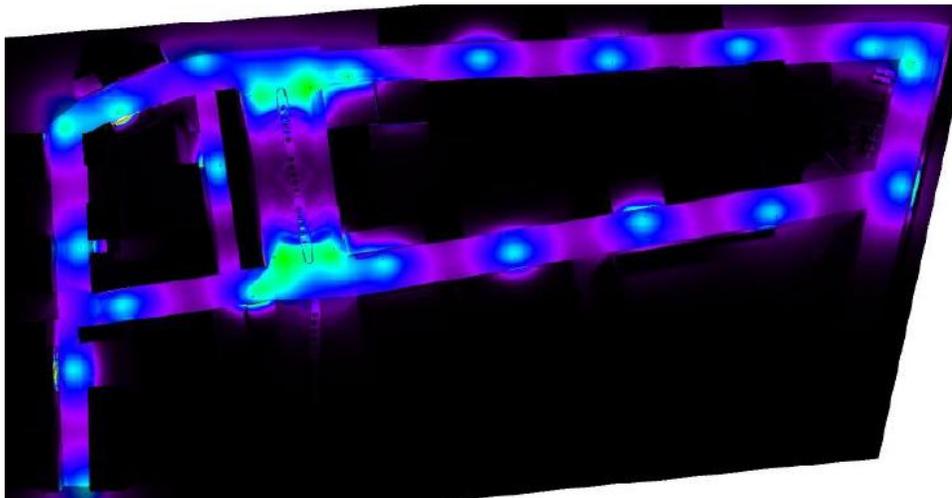
Existen varios puntos de GR evidentes con un valor entre 20-30 como se aprecia en la **tabla 5.9** lo cual como se puede apreciar a simple vista del ojo humano no son niveles altos, pero al estar expuestos continuamente podrían causar molestia ocular, distorsión de la percepción de objetos entre otras afectaciones.

Los puntos de deslumbramiento que se encuentran ubicados en la **tabla 5.10** y se puede apreciar que se reducen en un porcentaje con respecto a los valores de la **tabla 5.9** debido a la reducción de 27 a 24 luminarias por medio del arreglo de la distribución y altura normalizada de las instalaciones en 10 metros, con esto se obtiene una mayor uniformidad en los niveles de iluminación evitando excesos luminosos, lo cual es directamente proporcional al deslumbramiento causado. Después de la modificación aún existen puntos evidentes de deslumbramiento, sin embargo, se consiguió que sean menos que los existentes actualmente como se muestra en la **figura 5.3**

5.4.3 Procesado de colores falsos



Actual



Modificado

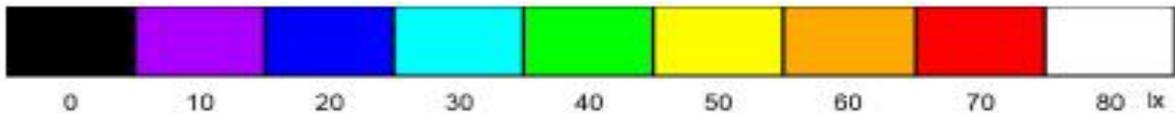


Figura 5.4 Procesado de colores falsos con su escala para calificar niveles de iluminación.

Fuente: Output DiaLUX

En el diseño actual se puede apreciar niveles altos de iluminación (60 lux) en la calzada y en algunos puntos llega incluso a los 70 lux debido a que la instalación de las luminarias no cuenta con una altura estandarizada y en algunos casos se encuentran empotradas a las paredes de las casas, por otro lado, en el diseño modificado se ha disminuido en gran parte dicho exceso luminoso gracias a que se realizó la simulación con una altura normalizada de las luminarias y una variación en la distribución de las mismas, como se aprecia en la **figura 5.4** en el plano modificado el nivel

de iluminación llega como máximo en la escala a 40lx lo que es una medida que se encuentra dentro de los niveles establecidos para el correcto descanso y confort de la población.

5.4.4 Uniformidad del sector

Uniformidad general de luminancia de la calzada (U_0) la cual es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía tenemos los valores en la **tabla 5.11** y de la uniformidad longitudinal sobre la calzada (UI) es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima estos valores obtenido de Output DiaLux.

Tabla 5.11 Niveles de Uniformidad.

Superficie	Modificado		Actual	
	U_0	UI	U_0	UI
1	0,23	0,1	0,249	0,095
2	0,234	0,101	0,04	0,013
3	0,14	0,05	0,086	0,026
4	0,141	0,049	0,049	0,021
5	0,074	0,027	0,239	0,125
6	0,274	0,127	0,463	0,222
7	0,538	0,354	0,595	0,396
8	0,373	0,187	0,549	0,376
9	0,202	0,09	0,239	0,109
10	0,738	0,573	0,628	0,504
11	0,704	0,548	0,739	0,626
12	0,563	0,375	0,673	0,508
13	0,688	0,549	0,358	0,224
14	0,389	0,223	0,406	0,205
15	0,292	0,134	0,217	0,115
Promedio	0,372	0,232	0,369	0,238

Fuente: Output DiaLUX

En nivel de U_0 de todo el sector como se muestra en el promedio de la **tabla 5.11** se aproxima al valor dispuesto por la regulación del ARCONEL que al calificar su avenidas o calles es de 0,4 tanto en la distribución actual y la modificada son valores semejantes lo cual no se perdió al reducir el número de luminarias siendo mejor por poco y acercándose aún más al valor deseado.

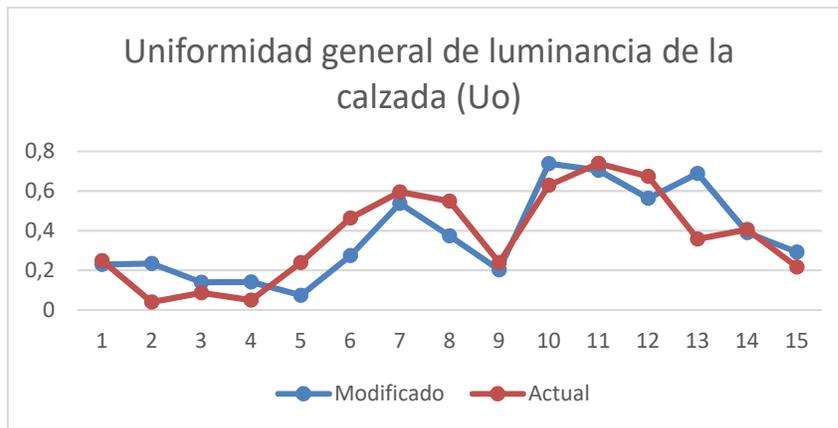


Figura 5.5 Variación de la uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o).

Existe poca variación en la uniformidad modificada con respecto a la actual como se puede ver en la **figura 5.5** lo cual es muy eficiente debido a una mejor distribución se observan puntos altos y bajos, pero en promedio la uniformidad es buena así manteniendo la correcta percepción y visualización del entorno como se visualiza en la **figura 5.6**.

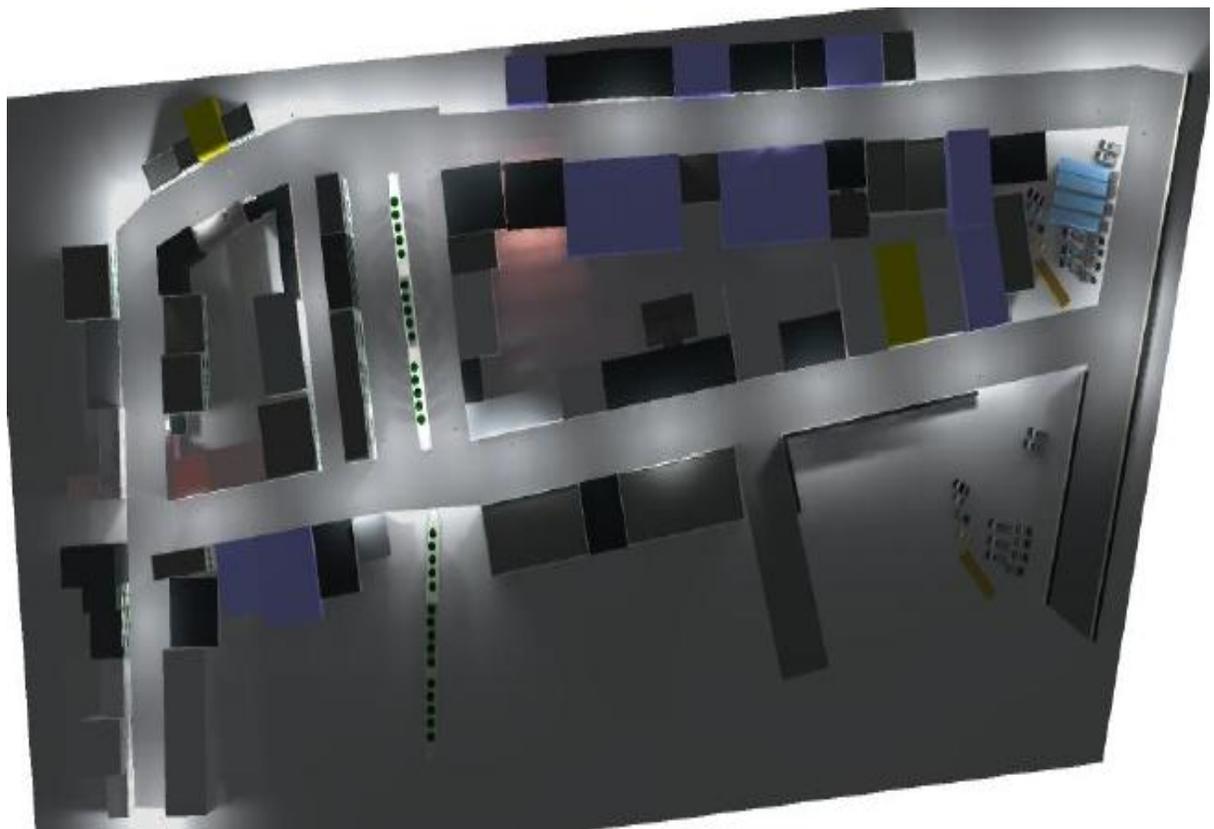


Figura 5.6 Variación de la uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o).

Fuente: Output DiaLUX

5.5 Respuesta a la pregunta científica y solución al problema de investigación

La variación de los parámetros del alumbrado público como: altura de instalación, distancia de separación y distribución de las luminarias ha demostrado ser un método bastante viable para la reducción de excesos luminosos en la vía pública. Como se ha podido comprobar es importante realizar un estudio de la iluminación que requiere cada sector para la instalación del alumbrado público, ya que el exceso de luminosidad puede generar una cantidad significativa de problemas como se indica en el estudio llamado: “posibles riesgos de la iluminación LED” realizado en España el año 2017: “Hoy sabemos, por los numerosos estudios epidemiológicos, clínicos y de experimentación con modelos animales, que la CD (Disrupción Circadiana), en particular la producida por la luz artificial en horas nocturnas, en las que nuestro cuerpo espera estar en condiciones de oscuridad natural, está relacionada con un gran número de patologías entre otras el aumento de la incidencia de síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, alteraciones cognitivas, afectivas, algunos tipos de cáncer (mama, próstata y colorrectal y envejecimiento prematuro”.

Con la variación realizada por el grupo de investigación se consiguió una reducción viable en iluminación de alrededor de un -14,29% en la iluminancia media y hasta un -45,12% en donde los valores de iluminancia son críticos (lugar debajo de la lámpara) esto se puede verificar revisando la **tabla 5.12**, con esto se espera que el ambiente de descanso durante altas horas de la noche para las personas aledañas al sector muestra sea de cierta forma más acogedor ya que se reducirían significativamente los excesos luminosos y el deslumbramiento que causan, esto lo podemos comprobar revisando los datos obtenidos mediante las simulaciones de software agrupados en las **tablas 5.12 y 5.13**, sin descuidar la seguridad y la correcta iluminación de la parte exterior ya que la reducción de la luminosidad se encuentra dentro de los niveles establecidos por la normativa del ARCONEL para iluminación pública.

Tabla 5.12 Porcentaje de variación de los niveles de iluminancia del sector.

	Em (Lux)		Emax (Lux)	
	Real	Ideal	Real	Ideal
Resumen	14	12	82	45
% Variación	-14,29%		-45,12%	

6 PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS

6.1 Análisis de impactos

6.1.1 Impacto Económico

Considerando las horas conexión y desconexión su funcionamiento empieza aproximadamente a las 18:00 hasta aproximadamente las 06:00. [19] y la potencia de las luminarias instaladas determinaremos el consumo energético en KWh

Potencia x Tiempo = Consumo (energía consumida)

El consumo al año del sector como se muestra en la **tabla 6.1** teniendo en cuenta el valor de APG (Alumbrado Público General) de cobro predispuesto por la Empresa Eléctrica Ambato el cual es de **\$1.73** emitido el 11 de Enero del 2019 como se muestra en el **Anexo 15**.

Tabla 6.1 Datos del consumo energético y monetario de las luminarias del sector y del total instaladas en la Ciudad.

Potencia de Lámparas (W)	Horas (h)	Día	Mes	Año	Valor mensual	Valor Anual
		Consumo Energético (KWh)	Consumo Energético (KWh)	Consumo Energético (KWh)		
180	12	2,16	64,8	777,6	\$ 1,73	\$ 20,76
24 luminarias		51,84	1555,2	18662,4	\$ 41,52	\$ 498,24
27 luminarias		58,32	1749,6	20995,2	\$ 46,71	\$ 560,52
Diferencia		6,48	194,4	2332,8	\$ 5,19	\$ 62,28
630 luminarias		1360,8	40824	489888	\$1.089,90	\$ 13.078,80
600 luminarias		1296	38880	466560	\$1.038,00	\$ 12.456,00
Diferencia		64,8	1944	23328	\$ 51,90	\$ 622,80

6.1.2 Impacto Ambiental

Teniendo en cuenta que [8] en su estudio realizado sobre las luminarias led menciona que: “El tipo de luz blanca azulada es el tipo más contaminante de forma lumínica ya que se propaga de forma muy rápida y eficaz por la atmosfera. Este tipo de luz es la que causa una mayor contaminación lumínica, ya que es la que se difunde con mayor eficacia en la atmósfera. Esto incrementa el característico resplandor luminoso que se crea sobre las poblaciones, afectando a las observaciones astronómicas perturbando la oscuridad natural del medio nocturno a cientos de kilómetros de distancia de las mismas”. Mediante la regulación luminosa emitida por las luminarias led existentes en el sector se disminuye la contaminación lumínica y los puntos ciegos del sector obteniendo una

iluminancia media de 12 lux y con esto se estaría evitando el deslumbramiento visual para el confort de los pobladores, peatones y conductores que circulen o habiten el sector.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

-) Una de las entidades más importantes en el Ecuador para normalizar y regular los niveles de iluminación y deslumbramiento en cuanto al alumbrado público es el MEER, del cual se obtuvo los procedimientos de cálculo normalizados, sin embargo, en la actualidad y debido a que se trata de una tecnología nueva incursionando en la iluminación pública, aun no existen normativas que hablen específicamente de la iluminación pública residencial con luminarias led, sino más bien, existen muchos documentos que resaltan las ventajas de las led con respecto a otro tipo de luminarias, pero hay que tener en cuenta que el cambio una por una injustificado y sin un estudio previo puede llegar a generar mayores desventajas que ventajas.
-) En base a la calificación de vías y calles realizada utilizando las tablas dispuestas por el ARCONEL en el anexo 2 la iluminancia media que debe tener la calzada es un nivel no inferior a 10 luxes, al realizar el análisis detallado del sector se obtuvo que existe un nivel promedio de 14 luxes y mediante la modificación de la distribución de las luminarias se pudo alcanzar un nivel medio de 12 luxes en todo el sector.
-) Después de realizar los cálculos y la comparación pertinentes entre los niveles de iluminación y deslumbramiento existentes con respecto a los que se tendría en una situación ideal, se puede concluir que estos si se encuentran excedidos del rango establecido por la normativa, sin embargo, el exceso no es demasiado notorio y/o perjudicial y el problema a solucionar es más bien la distribución de las luminarias ubicadas en el sector para de esta manera conseguir una mejor difusión lumínica.
-) De las luminarias dispuestas actualmente en el sector debido a que se encuentran ubicadas de manera desproporcionada como se puede apreciar en la tabla 5.12 la iluminancia máxima en la situación real es de 82 luxes, se logró una reducción de un 45,12% con respecto a este valor y se puede apreciar en una situación ideal que se consiguió una iluminancia de 45 luxes. De igual forma en la figura 5.2 se puede apreciar que el 55% de las luminarias existentes se encuentran excediendo el nivel de iluminación con alrededor de 20 luxes.

-) Si tenemos en cuenta el aspecto económico y el rendimiento de las luminarias led frente a sus antecesores (luminarias halógenas) se puede apreciar que el uso de la tecnología led en el alumbrado público genera una gran cantidad de ventajas en cuanto a la eficiencia energética, tiempo de vida útil, entre otras. Pero adicional a esto se ha podido comprobar que si se realiza el estudio completo de iluminación necesaria de acuerdo al sector en donde se implementara el uso de esta tecnología también se podrá disminuir costos en cuanto a estructuras y mantenimiento de las mismas, ya que se requieren menos luminarias de las que se necesitaría usando por ejemplo luminarias halógenas para alcanzar los niveles de iluminación estandarizados.

7.2 Recomendaciones

-) Tener en cuenta que el nivel de iluminancia justo debajo de las luminarias va a ser un tanto mayor debido a que se tratan de puntos críticos de iluminación, sin embargo, si se encuentran bien instaladas no deberían exceder el nivel permitido por la normativa que es de máximo 40 luxes.
-) Calificar las calles y avenidas correctamente con la regulación vigente por el ARCONEL para determinar los niveles correctos de iluminación.
-) Tener en cuenta las fotometrías y alcances máximos de cada luminaria que se va a utilizar.
-) Tener una correcta distribución del arreglo de luminarias (unilateral, tresbolillo, pareada) nos brinda una mejora en la repartición de la iluminación en el sector.

8 REFERENCIAS

- [1] A. Silla, «Iluminación LED,» OSRAN.
- [2] C. P. HUNG, «MANUAL DE ILUMINACION,» COPYRIGHT, Mexico , 2015.
- [3] I. E. SOCIETY, IES LIGHTING, NEW YORK: Copyright , 1947.
- [4] C. d. S. Rapinya, «Alumbrado Público,» Julio 2006. [En línea]. Available: http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portalenergia/pla_eficiencia_energetica/enlumenat_2.es.html. [Último acceso: 24 Noviembre 2018].
- [5] G. M. R. Bolaños, «Evaluacion técnico- económica del ahorro de energia en un sistema de alumbrado público,» Noviembre 1996. [En línea]. Available:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9012/3/T247.pdf>. [Último acceso: 24 Noviembre 2018].

- [6] F. Pecanins, «Eficiencia energetica y contratacion pública,» 28 Abril 2010. [En línea]. Available: http://www.pro-ee.eu/fileadmin/pro_ee/inhalte/dokumente/12_PRO_EE_Alumbrado_Francesc_Pecanins_SECE.pdf?fbclid=IwAR3IQOK7F9uj471yUhx7q0gJv6wUVOjof9rCnXtbKCa7nll5hgnA964jaiY. [Último acceso: 21 Noviembre 2018].
- [7] M. García y A. Flores, «FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2016.
- [8] C. Herranz, «celfosc.org,» 15 enero 2011. [En línea]. Available: <https://www.celfosc.org/biblio/general/herranz-olle-jauregui2011.pdf>.
- [9] C. E. d. iluminacion, «Guía Técnica de Eficiencia Energetica,» IDAE, Madrid, 2011.
- [10] J. A. G. Gil, «Alumbrado público: ¿VSAP o LED?,» luminotecnia, España, 2012.
- [11] A. B. C. Cortés, «Luz y Emociones: Estudio sobre La Influencia de la iluminacion Urbana en las Emociones; tomando como base el Diseño Emocional,» Marzo 2010. [En línea]. Available: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6138/TABCC1de1.pdf?fbclid=IwAR2asSBYREIZk8KRxmw3R6PCjUQydHA6ejjGpz-CkiunFqO8odqkpXYAeJw>. [Último acceso: 24 Noviembre 2018].
- [12] Tridonic, «Iluminación eficiente,» *Tridonic Enlightening your ideas*, pp. 8-13, 2012.
- [13] G. Marangoni., «TEMPERATURA DE COLOR,» Septiembre de 2015.
- [14] C. E. d. Iluminación, «Posibles riesgos de la iluminación Led,» Copyright , España, 2017.
- [15] J. Gertenbach, «EcoHabitar,» 14 agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.ecohabitar.org/los-led-producen-luz-sucia-calidad-de-luz-y-electropolucion-1/>. [Último acceso: 2019 marzo 20].
- [16] J. Garcia, «Iluminacion para Exteriores,» UPC.edu, 2002. [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/externor/calculos.html>. [Último acceso: 30 06 2018].
- [17] J. C. R, «ISSUU,» 10 09 2012. [En línea]. Available: https://issuu.com/erkasl/docs/reglamento_de_eficiencia_energetica_alumbrado_exte. [Último acceso: 2019 03 20].
- [18] I. N. d. E. E. y. E. Renovables, «INER,» 2013 Diciembre 26. [En línea]. Available: www.iner.gob.ec.

- [19] F. Sylvania, «LUMINARIAS LED Catalogo Sylvania,» Bogotá, 2016.
- [20] P. Ibérica, «Instrucciones de uso del luxómetro PCE-172,» Tobarra, [En línea]. Available: www.pce-iberica.es. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [21] LEDEX, «Iluminación Led,» Lighting Studio Design, Quito-Ecuador, 2018.

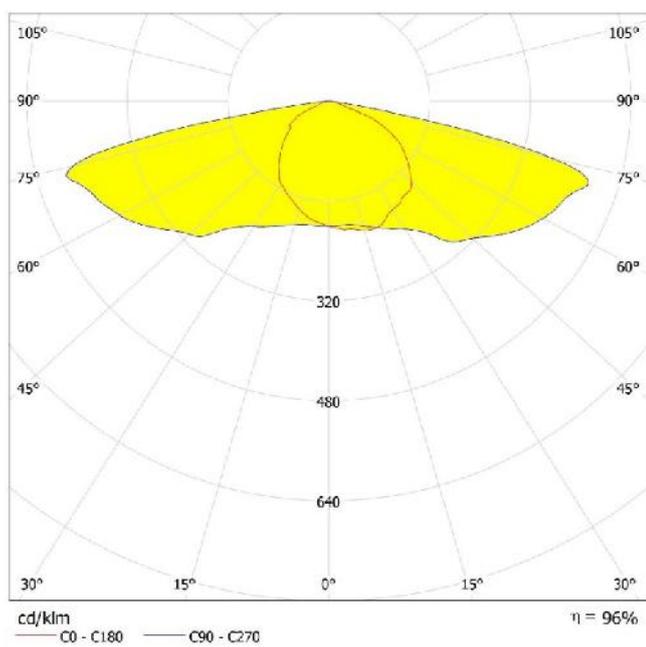
Firma
Alava Quimis Marlon Andrés
Proponente 1
Email: marlon.alava7@utc.edu.ec
Telf.: 0987243383

Firma
Jiménez Vergara Johnny Nicolás
Proponente 2
Email: jhonny.jimenez6@utc.edu.ec
Telf.: 0980546110

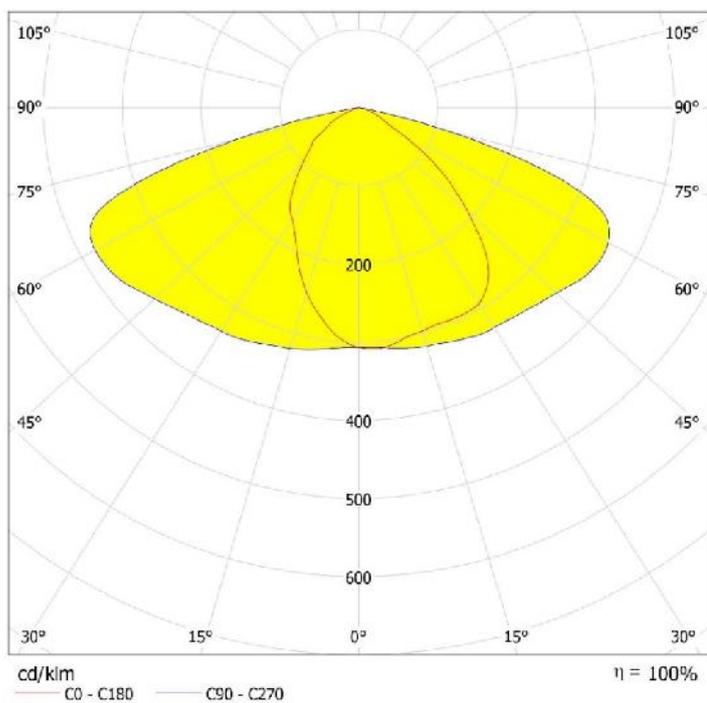
Firma
Ing. Cruz Panchi Luis Rolando; Ms.C.
PROFESOR TUTOR
Email: luis.cruz@utc.edu.ec
Telf.: 0984518484

Anexos

T2M



T2S



5. ASPECTOS TÉCNICOS

La iluminación pública deberá considerar los siguientes parámetros y niveles para vías vehiculares y peatonales.

5.1. Parámetros fotométricos

5.1.1. Luminancia promedio de la calzada (L_{av})

La luminancia promedio se calcula como el promedio aritmético de las luminancias obtenidas en cada uno de los puntos de cálculo. Este es el valor mínimo que debe ser mantenido a lo largo de la vida de la instalación, y depende de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las lámparas y de las propiedades de reflexión de la calzada. Valores superiores pueden aceptarse si pueden justificarse económicamente¹. El cálculo y la medición de la luminancia promedio de la calzada deben efectuarse de acuerdo con la norma CIE 140-2000².

5.1.2. Uniformidad general de luminancia de la calzada (U_o)

Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. Su valor depende de los mismos factores que inciden en la luminancia promedio.

5.1.3. Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U_L)

Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima, medidas o calculadas en dirección longitudinal a lo largo del eje central de cada carril de circulación. El número de puntos y la distancia entre ellos deberán ser iguales a los utilizados para el cálculo de la luminancia promedio de la calzada. Se mide o se calcula de acuerdo con la norma CIE 140-2000.

¹ Los valores calculados deben tener en cuenta la luminaria y los factores de mantenimiento de la lámpara. Los factores de mantenimiento de la luminaria varían de acuerdo con el intervalo de limpieza escogido, la polución atmosférica y la calidad del sellado del compartimiento óptico de la luminaria. Sus valores pueden establecerse mediante mediciones de campo. Los factores de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara varían de acuerdo con el tipo de lámpara y su potencia. Estos valores los suministra, generalmente, el fabricante de lámparas.

² Métodos de cálculo para iluminación de carreteras, Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

5.1.4. Deslumbramiento

El deslumbramiento se lo cuantifica a través del incremento de umbral (TI), el cual se calcula para el estado inicial de la instalación, mediante la siguiente fórmula:

$$TI = \frac{k * E_e}{L_{va} * \theta^2} (\%)$$

Donde:

- k es un factor que varía con la edad del observador se usará el valor de 650^3 .
- E_e es la iluminancia total inicial producidas por las luminarias, en su estado nuevo, sobre un plano normal a la línea de visión y a la altura del ojo del observador.
- L_{va} es la luminancia inicial promedio.
- θ es el ángulo en grados formado entre la línea de visión y el centro de cada luminaria.
-

5.1.5. Relación de alrededores (SR)

Es la relación de la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor en espacios que no permite) cada una adyacente a los dos bordes de la calzada (fuera de la calzada) para la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas se deben tratarse conjuntamente como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m.

En los casos donde exista una iluminación propia de los alrededores, la utilización de la SR no es necesaria.

³ Corresponde a la edad de un observador de 23 años. La fórmula genérica es: en donde A es la edad del observador

5.2. Vías con tráfico motorizado

5.2.1. Clase de Iluminación según las vías

La clase de iluminación (M) se 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 el sumatorio de los valores de ponderación seleccionados en función de la Tabla 1.

5.2.2. Parámetros fotométricos

Los parámetros fotométricos para seis clases de iluminación (M1 al M6), se definen en la Tabla 2.

5.2.3. Variaciones temporales de la clase de iluminación de acuerdo con la densidad de tráfico

Cuando se precise una variación en la clase de iluminación, durante las horas de menor tráfico, como una medida de ahorro de energía, los cambios en los requisitos de iluminación deben ser apropiados para la nueva densidad de tráfico, y se debe cumplir con todos los requisitos de uniformidades y criterios de deslumbramiento.

Tabla 1. 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	

$$\sum V_{ps}$$

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor del sumatorio

Tabla 2. Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

Clase de Iluminación	Luminosidad	Tipo de Superficie			Incremento de Umbral <i>Ti</i> (%)	Relación de alrededor SR
		Seco		Mojado		
	$L_{av} \left(\frac{cd}{m^2} \right)$	U_o	U_f	U_o		
M1	2,0	0,40	0,70	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,40	0,70	0,15	10	0,5
M3	1,0	0,40	0,60	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,5
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,5
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,5

5.3. Vías peatonales

5.3.1. Clase de iluminación según tipo de vías

La clase de iluminación P , se determina de la siguiente forma:

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

Donde:

- P es la clase de iluminación, va de P1 a P6.
- $\sum V_{ps}$ es el sumatorio de los valores de ponderación seleccionados en función de la Tabla 3.

5.3.2. Parámetros fotométricos

Para vías peatonales se utilizarán valores de iluminancia horizontal, al nivel del piso. Los parámetros fotométricos para las seis clases de iluminación (P1 al P6), se presentan en la Tabla 4.

Tabla 3. Parámetros par selección de la clase de iluminación (P)

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vp)	Vp seleccionado
Velocidad	Baja	1	
	Muy Baja	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Peatones, ciclistas y tráfico motorizado	2	
	Peatones y tráfico motorizado	1	
	Peatones y ciclistas solamente	1	
	Peatones solamente	0	
	Ciclistas solamente	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0,5	
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
			$\sum V_{ps}$

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor del sumatorio

Tabla 4. Parámetros fotométricos para áreas peatonales y de tráfico de baja velocidad

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx) Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15,00	3,00
P2	10,00	2,00
P3	7,50	1,50
P4	5,00	1,00
P5	3,00	0,60
P6	2,00	0,40

5.4. Sistemas especiales de iluminación

5.4.1. Zonas de conflicto

Se producen cuando el flujo de vehículos se cruza 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. La clase de iluminación C, en la zona de conflicto, se determina de la siguiente manera:

$$C = (6 - \sum V_{ps})$$

Donde:

- C es la clase de iluminación, va de C0 a C5.
- $\sum V_{ps}$ es el sumatorio de los parámetros seleccionados en función de la Tabla 5.

5.4.2. Parámetros fotométricos para zonas en conflicto

Para las zonas de conflicto, los parámetros fotométricos para las seis clases de iluminación (C0 al C5), se definen en la Tabla 6.

Tabla 5. Parámetros para la selección de la clase de iluminación C

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vp)	Vp seleccionado
Velocidad	Elevado	3	
	Alto	2	
	Moderado	1	
	Bajo	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	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0,5	
	Moderado o bueno	0	
			$\sum V_{ps}$

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor del sumatorio

Tabla 6. Parámetros fotométricos para zonas de conflicto

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio E (lux) ⁴	Uniformidad de la U_o Iluminancia (E)	Incremento de Umbral (%) ⁵	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,40	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

Nota: Si el resultado no es un número entero, se aproxima al menor valor del sumatorio

⁴ Sobre toda la superficie utilizada ⁵Aplicado donde las tareas visuales son consideradas de importancia para la iluminación de vías de tráfico motorizado

DESCRIPCIÓN	Shark 60	Shark 90	Shark 110	Shark 150	Shark 220
ESPECIFICACIONES					
Tipo de	Módulo Led				
Reparto de flujo luminoso) (Fotometría disponible luminaria	T2M	T2M	T2S	T2S	T2S
Otras fotometrías disponibles (Opcional)	T2S T3M	T2S T3M	T2M T3M	T2M T3M	T2M T3M
Factor de potencia	>0,95	>0,95	>0,95	>0,95	>0,95
Temperatura de color	5000K	5000K	5000K	5000K	5000K
Clase eléctrica	1 y II (IEC 60598-1)				
Accesorios metálicos y tornillos	IEC 60598-1				
Distorsión armónica total THD	< 20%	< 20%	< 20%	< 20%	< 20%
Voltaje de alimentación	100-277V	100-277V	100-277V	100-277V	100-277V
Frecuencia	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Potencia nominal de la luminaria	60W	80-90W	110W	150W	220W
Flujo útil total por luminaria	6,600lm	8,800 - 9,900lm	12.100	16,500lm	24,200lm
Eficacia luminosa	> 110 lm/W				
Vida útil	>100,000 hrs*				
LED					
Marca	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung	Samsung
Cantidad de Leds por luminaria	52	54	54	86	126
Reproducción de color (CRI)	> 70 %	> 70 %	> 70 %	> 70 %	> 70 %
Corriente de trabajo (mA)	350 - 700ma				
Eficacia luminosa	>125lm/W	>125lm/W	>125lm/W	>125lm/W	>125lm/W
Lente	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA

Vía Clasificación M6-M5	Sodio 70W (78W)	Shark 35 W
	55% ahorro energético	
Vía Clasificación M4	Sodio 100W (110W)	Shark 60 W
	45% ahorro energético	
Vía Clasificación M3	Sodio 150W (167W)	Shark 90 W
	46% ahorro energético	
Vía Clasificación M2	Sodio 250W (280W)	Shark 150 W
	46% ahorro energético	
Vía Clasificación M1	Sodio 400W (440W)	Shark 220 W
	50% ahorro energético	

LUMINARIA LED NOVAK



B5050
LUMINARIA LEDEX DE ALUM. PÚBL.
NOVAK S/BASE C/AOCOPLE
60W
BRIDGELUX
5000K
8460LM
108LM/W
>= 0.90
IP66
>= 09
DIMERIZABLE 0-10V
47x238x100MM
3.3KGS

DESCRIPCIÓN
POTENCIA
MARCA LED
TEMP. DE COLOR
FLUJO LUMINOSO
EFICIENCIA DE LUM. (LM/W)
FACTOR DE POTENCIA
CONJUNTO ÓPTICO
IK
TIPO DE DRIVER
DIMENSIONES
PESO NETO



B5051
LUMINARIA LEDEX DE ALUM. PÚBL.
NOVAK S/BASE C/AOCOPLE
90W
BRIDGELUX
5000K
10378.4LM
112LM/W
>= 0.90
IP66
>= 09
DIMERIZABLE 0-10V
670x310x145MM

DESCRIPCIÓN
POTENCIA
MARCA LED
TEMP. DE COLOR
FLUJO LUMINOSO
EFICIENCIA DE LUM. (LM/W)
FACTOR DE POTENCIA
CONJUNTO ÓPTICO
IK
TIPO DE DRIVER
DIMENSIONES



B5052
LUMINARIA LEDEX DE ALUM. PÚBL.
NOVAK S/BASE C/AOCOPLE
120W
BRIDGELUX
5000K
13130LM
108LM/W
>= 0.90
IP66
>= 09
DIMERIZABLE 0-10V
798x380x163MM
10KGS

DESCRIPCIÓN
POTENCIA
MARCA LED
TEMP. DE COLOR
FLUJO LUMINOSO
EFICIENCIA DE LUM. (LM/W)
FACTOR DE POTENCIA
CONJUNTO ÓPTICO
IK
TIPO DE DRIVER
DIMENSIONES
PESO NETO

B5053
LUMINARIA LEDEX DE ALUM. PÚBL.
NOVAK S/BASE C/AOCOPLE
150W
BRIDGELUX
5000K
19114LM
123.5LM/W
>= 0.90
IP66
>= 09
DIMERIZABLE 0-10V
798x380x163MM
10KGS

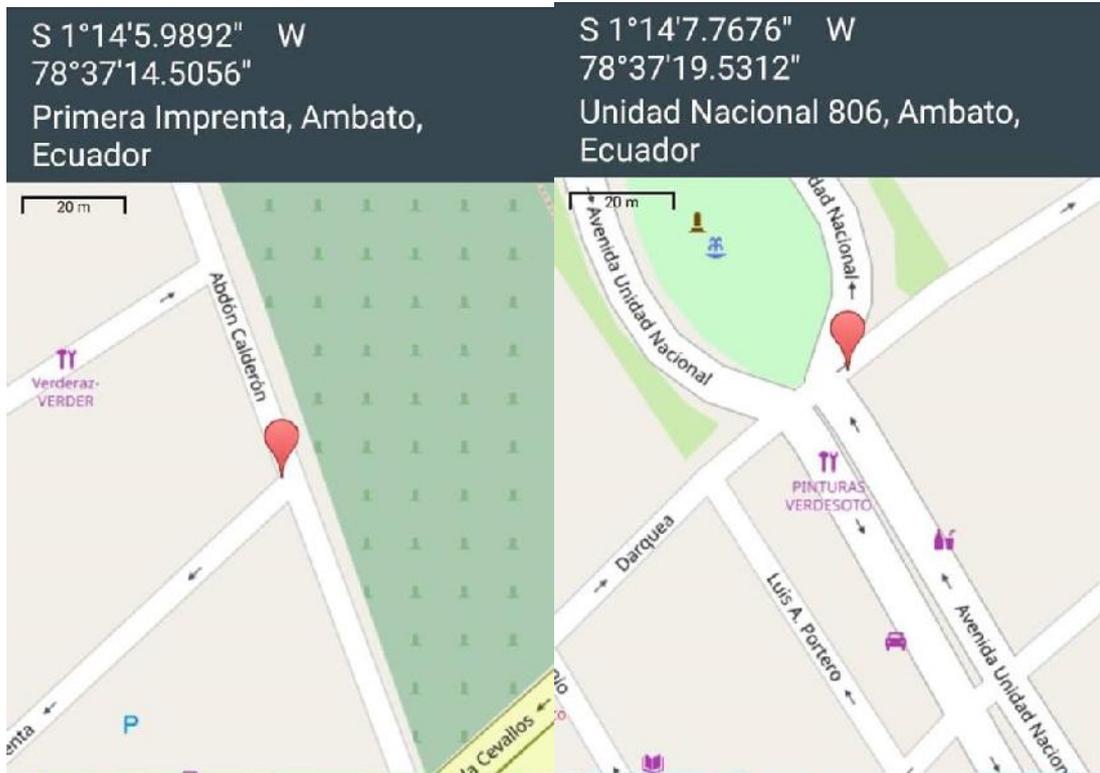
DESCRIPCIÓN
POTENCIA
MARCA LED
TEMP. DE COLOR
FLUJO LUMINOSO
EFICIENCIA DE LUM. (LM/W)
FACTOR DE POTENCIA
CONJUNTO ÓPTICO
IK
TIPO DE DRIVER
DIMENSIONES
PESO NETO

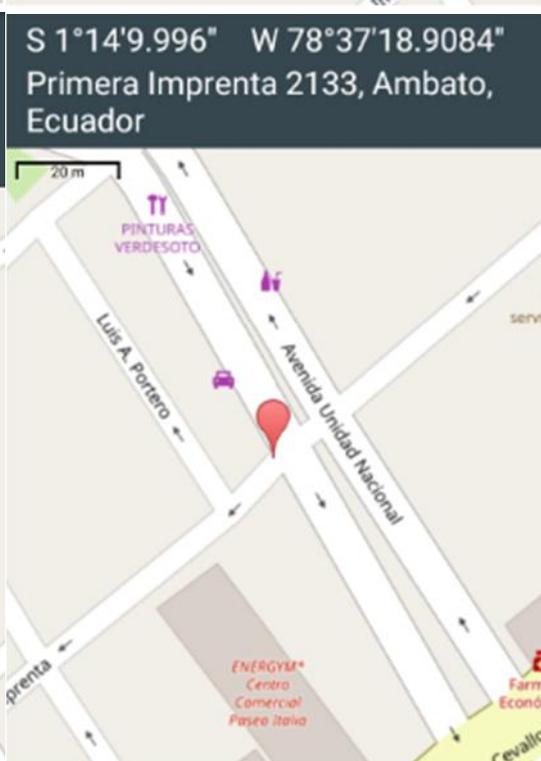
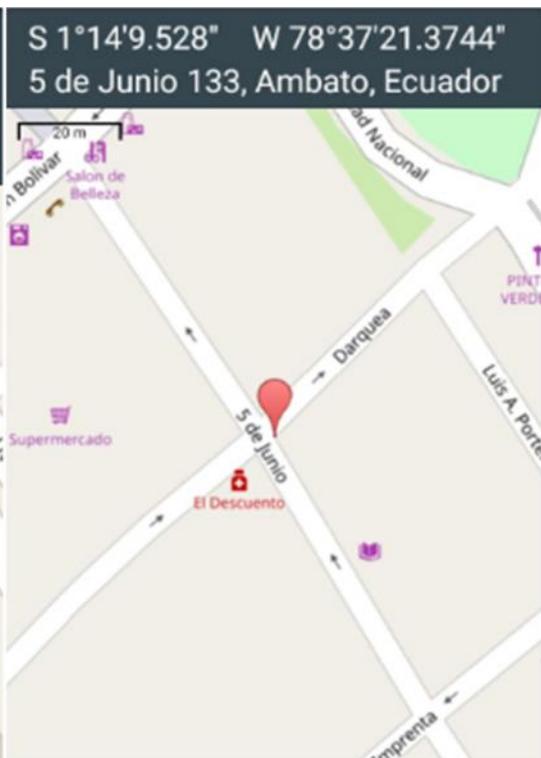


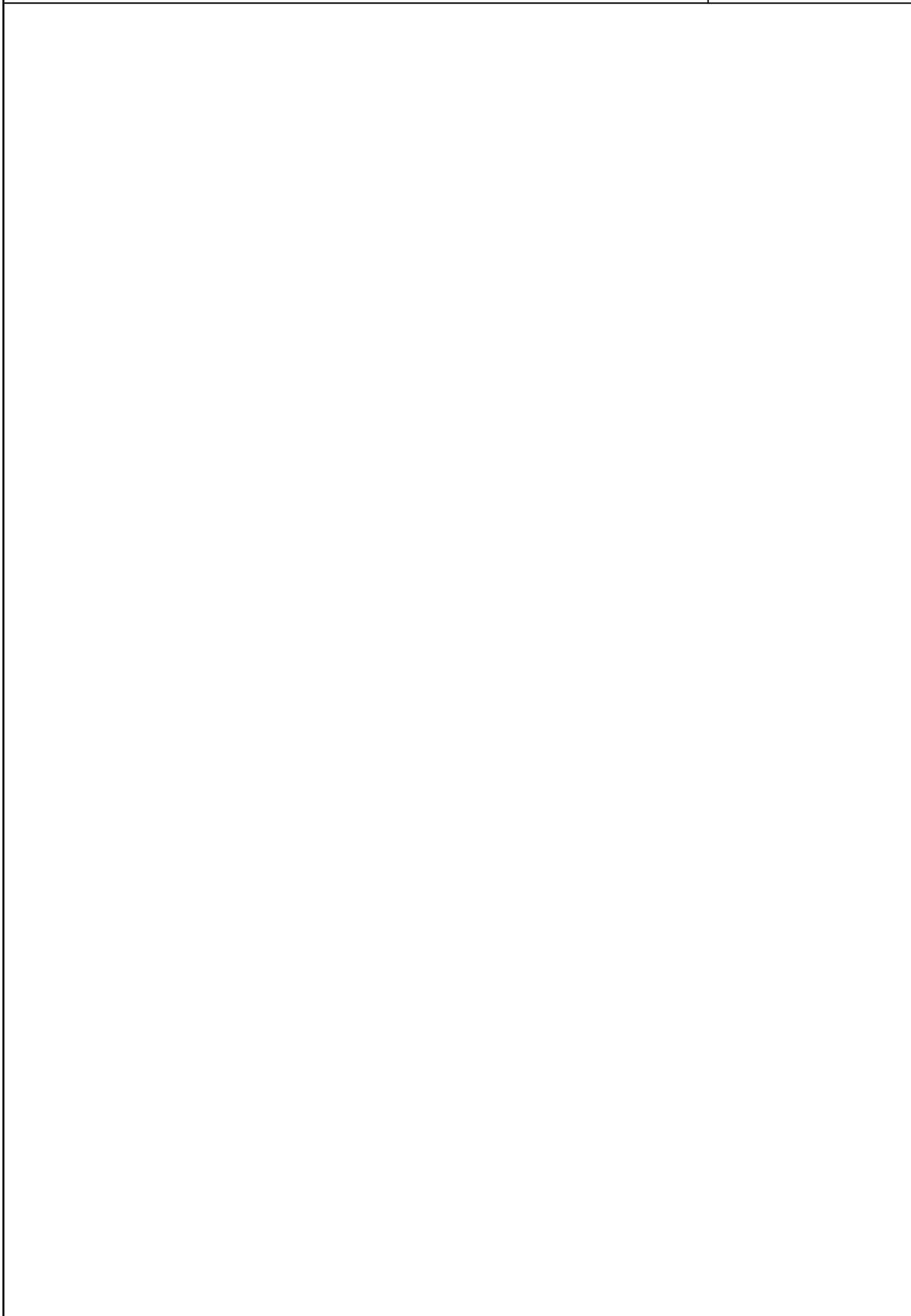
B5054
LUMINARIA LEDEX DE ALUM. PÚBL.
NOVAK S/BASE C/AOCOPLE
180W
BRIDGELUX
5000K
25511LM
139LM/W
>= 0.90
IP66
>= 09
DIMERIZABLE 0-10V
798x380x163MM
10.6KGS

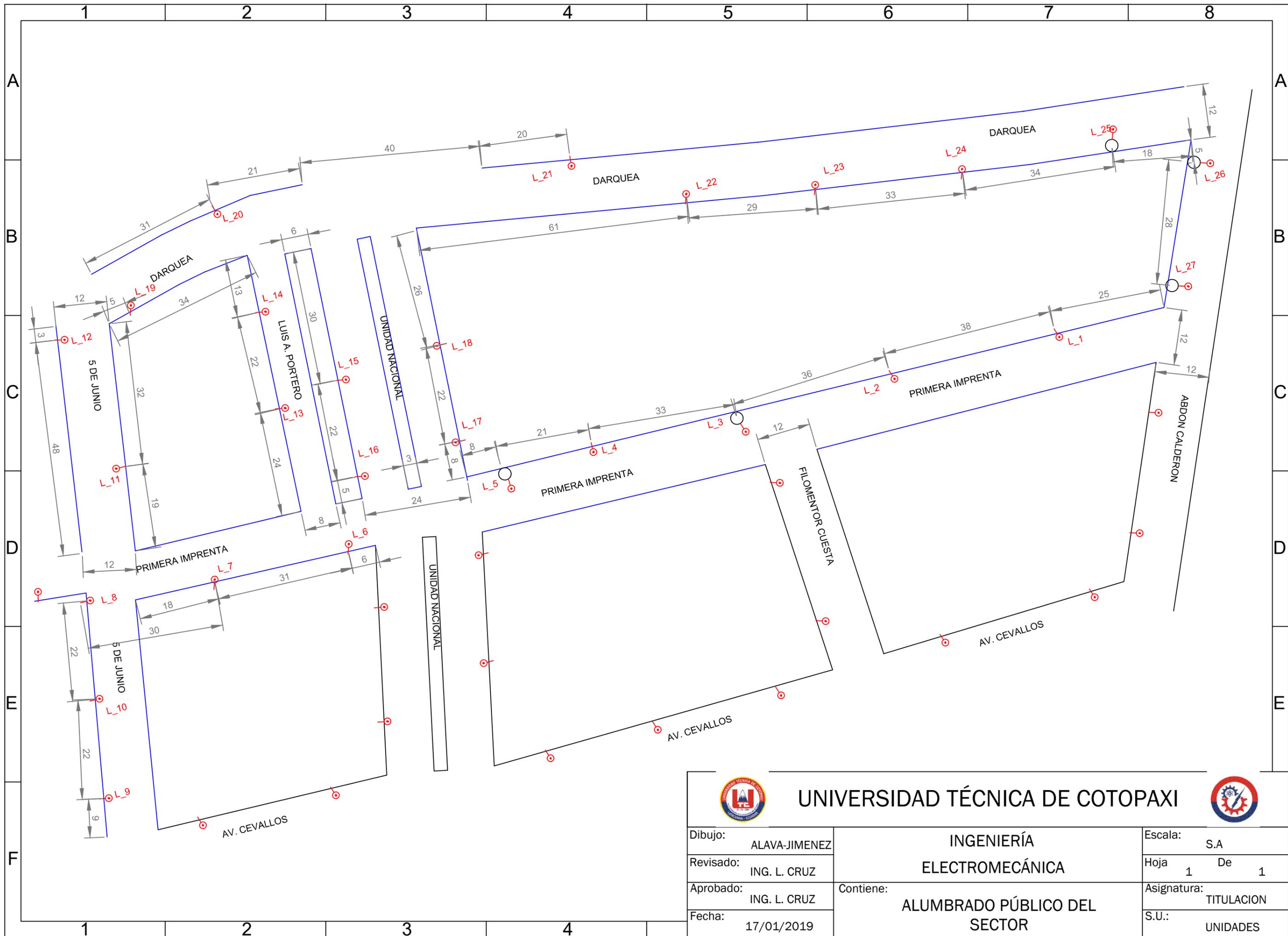
DESCRIPCIÓN
POTENCIA
MARCA LED
TEMP. DE COLOR
FLUJO LUMINOSO
EFICIENCIA DE LUM. (LM/W)
FACTOR DE POTENCIA
CONJUNTO ÓPTICO
IK
TIPO DE DRIVER
DIMENSIONES
PESO NETO











UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujo:	ALAVA-JIMENEZ	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala:	S.A
Revisado:	ING. L. CRUZ		Hoja 1 De 1	
Aprobado:	ING. L. CRUZ	ALUMBRADO PÚBLICO DEL SECTOR	Asignatura:	TITULACION
Fecha:	17/01/2019		S.U.:	UNIDADES

7.1. Avenida Darquea

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(\text{largo} * \text{ancho})}{(\text{altura de montaje} * (\text{largo} + \text{ancho}))}$$

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(2 * 1)}{(9 * (2 + 1))} \qquad \text{índice del lugar (K)} = 1,27$$

Una vez obtenido el valor de K, debemos obtener el valor de N que es el número de mediciones que debemos realizar y de igual forma es el número de cuadros que debe tener nuestra cuadrícula. Esto se lo realiza utilizando la **ecuación 4.2**.

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (2 + 2)^2$$

$$N = 16$$

7.2. Avenida Primera Imprenta

$$i \quad d \quad l \quad (K) = \frac{(l \quad * \quad a \quad ho)}{(a \quad d \quad m \quad * (l \quad + a \quad ho))}$$

$$i \quad d \quad l \quad (K) = \frac{(2 * 1)}{(9,4 * (2 + 1))} \qquad i \quad d \quad l \quad (K) = 1,21$$

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (2 + 2)^2$$

$$N = 16$$

7.3. Avenida Unidad Nacional

$$i \quad d \quad l \quad (K) = \frac{(l \quad * \quad a \quad ho)}{(a \quad d \quad m \quad * (l \quad + a \quad ho))}$$

$$i \quad d \quad l \quad (K) = \frac{(5 * 2)}{(9,5 * (5 + 2))} \qquad i \quad d \quad l \quad (K) = 1,77$$

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (2 + 2)^2$$

$$N = 16$$

7.4. Avenida Luis Abtonio Portero

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(\text{largo} * \text{ancho})}{(\text{altura de montaje} * (\text{largo} + \text{ancho}))}$$

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(5 * 8)}{(9 * (5 + 8))} \qquad \text{índice del lugar (K)} = 0,78.$$

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (1 + 2)^2$$

$$N = 9$$

7.5. Avenida 5 de Junio

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(\text{largo} * \text{ancho})}{(\text{altura de montaje} * (\text{largo} + \text{ancho}))}$$

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(1 * 1)}{(9,8 * (1 + 1))} \qquad \text{índice del lugar (K)} = 1,11$$

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (2 + 2)^2$$

$$N = 16$$

7.6. Avenida Abdón Calderón

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(\text{largo} * \text{ancho})}{(\text{altura de montaje} * (\text{largo} + \text{ancho}))}$$

$$\text{índice del lugar (K)} = \frac{(45 * 12)}{(10 * (45 + 12))}$$

$$\text{índice del lugar (K)} = 0,95$$

$$N = (X + 2)^2$$

$$N = (1 + 2)^2$$

$$N = 9$$



Autores: Alava Quimis Marlon Andrés - Jiménez Vergara Johnny Nicolás
Tutores: Mgs. Cruz Panchi Luis Rolando. - Mgs. Moreano Martínez Edwin Homero.

**PROYECTO: EVALUACIÓN DE LUMINOSIDAD EN ALUMBRADO PÚBLICO
 CON LUMINARIAS LED.**

Lugar de ejecución: La Merced-La Merced-Ambato- Tungurahua

NUM	SECTOR	TIPO_MONTAJE	ALTURA (m)	CODIGO_LUM	Estructura	Nivel de iluminación (lux)
L_1	Primera Imprenta	PARED	9	57940	BRAZO_0.65m	30,2
L_2	Primera Imprenta	PARED	9	57941	BRAZO_0.65m	37,6
L_3	Primera Imprenta	POSTED_M_11M	10	57942	BRAZO_0.65m	33,70
L_4	Primera Imprenta	PARED	9	57943	BRAZO_0.65m	31,7
L_5	Primera Imprenta	POSTED_M_11M	10	57944	BRAZO_0.65m	40,6
L_6	Primera Imprenta	PARED	9	57950	BRAZO_0.65m	40
L_7	Primera Imprenta	PARED	10	57951	BRAZO_0.65m	28
L_8	5 DE JUNIO	PARED	10	57898	BRAZO_0.65m	38
L_9	5 DE JUNIO	PARED	10	57900	BRAZO_0.65m	35,8
L_10	5 DE JUNIO	PARED	10	57899	BRAZO_0.65m	30
L_11	5 DE JUNIO	PARED	10	57897	BRAZO_0.65m	31,2
L_12	5 DE JUNIO	PARED	9	57896	BRAZO_0.65m	40,7
L_13	LUIS ANTONIO PORTERO	PARED	9	59532	BRAZO_0.65m	41,1
L_14	LUIS ANTONIO PORTERO	PARED	9	59533	BRAZO_0.65m	38,9
L_15	UNIDAD NACIONAL	PARED	9	59426	BRAZO_0.65m	36
L_16	UNIDAD NACIONAL	PARED	10	59427	BRAZO_0.65m	40
L_17	UNIDAD NACIONAL	PARED	7	59437	BRAZO_0.65m	60
L_18	UNIDAD NACIONAL	PARED	12	59438	BRAZO_0.65m	37
L_19	DARQUEA	PARED	10	57970	BRAZO_0.65m	39
L_20	DARQUEA	PARED	10	57971	BRAZO_0.65m	38
L_21	DARQUEA	PARED	9	57945	BRAZO_0.65m	41
L_22	DARQUEA	PARED	9	57946	BRAZO_0.65m	44,8
L_23	DARQUEA	PARED	8	57947	BRAZO_0.65m	40,5
L_24	DARQUEA	PARED	8	57948	BRAZO_0.65m	52
L_25	DARQUEA	POSTED_M_11M	10	57949	BRAZO_0.65m	28,5
L_26	ABDÓN CALDERÓN	POSTED_M_11M	10	57910	BRAZO_0.65m	32
L_27	ABDÓN CALDERÓN	POSTED_M_11M	10	57909	BRAZO_0.65m	30,5

9.1 Fotografias del sector muestra.



Anexo 9.3 Foto L_22



Anexo 9.4 Foto L_23



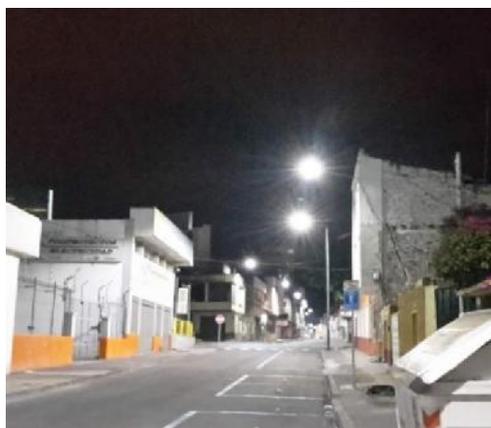
Anexo 9.5 Foto L_1 y L_2 Calle Primera Imprenta.



Anexo 9.6 Foto L_4



Anexo 9.7 Foto L_2



Anexo 9.8 Foto L_4 y L_5 Calle Primera Imprenta.



Anexo 9.9 Foto L_6



Anexo 9.10 Foto L_26 y L_27 Calle Abdón Calderón.



Anexo 9.11 Foto L_1 y L_2 Calle Primera Imprenta.



Anexo 9.12 Calle 5 de Junio.



Anexo 9.13 Foto L_13 y L_14 Calle Luis Antonio Portero.



Anexo 9.14 Foto L_15 y L_16 Calle Unidad Nacional.



Anexo 9.15 Foto L_17 y L_18 Calle Unidad Nacional.

9.2. Tablas de las mediciones de iluminacion realizadas en el sector

9.2.1. Avenida Darquea

Los datos de iluminancia obtenidos en la avenida se encuentran organizados en la **tabla 10.1**. En dicha tabla se encuentran también indicadas las luminarias existentes en la avenida y se las ha ubicado junto al nivel de iluminación que se obtuvo en el área de la luminaria

Tabla 9.1. Datos de iluminancia en la avenida Darquea.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
	1	39
	2	38
L_19	3	39
	4	25,5
	5	13
	6	41
L_20	7	38
	8	44,8
	9	20,7
L_21	10	41
	11	11
L_22	12	44,8
	13	14
L_23	14	40,5
L_24	15	52
L_25	16	28,5
valor de iluminancia promedio (lux)		33,175
valor de iluminancia promedio (cd)		0,66

Una vez realizadas las mediciones correspondientes, se debe realizar un cálculo para determinar el nivel de iluminación promedio existente en el sector, esto se lo realiza utilizando la **ecuación 4.3.**

$$E_m = \frac{\sum v \quad m \quad (L \quad)}{(C \quad da \quad d \quad p \quad m \quad)}$$

$$E_m = \frac{(39 + 38 + 39 + 25.5 + 13 + 41 + 38 + 44.8 + 20.7 + 41 + 11 + 44,8 + 14 + 40.5 + 52 + 28,5)}{(9)}$$

$$E_m = 33,175 (l \quad)$$

9.2.2. Avenida Primera Imprenta

Tabla 9.2 Datos de iluminancia en la avenida Primera Imprenta.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
L_1	1	30,2
	2	26,7
	3	14,1
	4	31,1
L_2	5	37,6
	6	27,5
L_3	7	33,7
	8	34,7
L_4	9	31,7
	10	36,1
L_5	11	40,6
	12	36,5
	13	13
L_6	14	40
	15	16
L_7	16	28
valor de iluminancia promedio (lux)		29,84375
valor de iluminancia promedio (cd)		0,55

Utilizando la **ecuación 4.3.**

$$E_m = \frac{\sum v \quad m \quad (L \quad)}{(C \quad d \quad p \quad m \quad)}$$

$$E_m = \frac{(30,2 + 26,7 + 14,1 + 31,1 + 37,6 + 27,5 + 33,7 + 34,7 + 31,7 + 36,1 + 40,6 + 36,5 + 13 + 40 + 16 + 28)}{(9)}$$

$$E_m = 29,84 \text{ (l)} \quad)$$

9.2.3. Avenida Unidad Nacional

Tabla 9.3 Datos de iluminancia en la avenida Unidad Nacional.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
	1	51,4
	2	40
	3	41
	4	45
	5	25
	6	8
	7	6
L_18	8	37
L_15	9	36
	10	44
	11	60
	12	45
	13	41
L_17	14	60
L_16	15	40
	16	5
valor de iluminancia promedio (lux)		36,525
valor de iluminancia promedio (cd)		16,23

Utilizando la **ecuación 4.3.**

$$E_m = \frac{\sum v \quad m \quad (L \quad)}{(C \quad d \quad p \quad m \quad)}$$

$$E_m = \frac{(51,4 + 40 + 41 + 45 + 25 + 8 + 6 + 37 + 36 + 44 + 60 + 45 + 41 + 60 + 40 + 5)}{(16)}$$

$$E_m = 36,53 \text{ (l \quad)}$$

9.2.4. Avenida 5 de Junio

Tabla 9.4. Datos de iluminancia en la avenida 5 de junio.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
L_9	1	30
	2	33,3
	3	31,4
	4	27,3
L_10	5	35,8
	6	33
L_8	7	38
	8	24
	9	17,3
	10	20,6
	11	28,7
L_11	12	31,2
	13	17
	14	20,4
L_12	15	40,7
	16	39,4
valor de iluminancia promedio (lux)		29,25625
valor de iluminancia promedio (cd)		3,36

$$E_m = \frac{\sum v \quad m \quad (L \quad)}{(C \quad d \quad p \quad m \quad)}$$

$$E_m = \frac{(30 + 33,3 + 31,4 + 27,3 + 35,8 + 33 + 38 + 24 + 17,3 + 20,6 + 28,7 + 31,2 + 17 + 20,4 + 40,7 + 39,4)}{(9)}$$

$$E_m = 29,26 (l \quad)$$

9.2.5. Avenida Abdón Calderón

Tabla 9.5. Datos de iluminancia en la avenida Abdón Calderón.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
L_25	1	32
	2	27
	3	18
	4	14
	5	13
	6	16
L_26	7	30,5
	8	25
	9	23
valor de iluminancia promedio (lux)		22,06
valor de iluminancia promedio (cd)		9,80

$$E_m = \frac{\sum v \quad m \quad (L \quad)}{(C \quad d \quad p \quad m \quad)}$$

$$E_m = \frac{(32 + 27 + 18 + 14 + 13 + 16 + 30,5 + 25 + 23) (L \quad)}{(9)}$$

$$E_m = 22,06 (l \quad)$$

9.2.6. Avenida Luis Antonio Portero

Tabla 9.6. Datos de iluminancia en la avenida Luis Antonio Portero.

MEDICIONES REALIZADAS EN EL LUGAR		
Número de luminaria	Numero de medición	Valor de iluminancia (lux)
	1	23,6
	2	30
	3	41,1
L_13	4	41,1
	5	38,9
	6	37,4
	7	35
L_14	8	38,9
	9	4
valor de iluminancia promedio (lux)		32,22
valor de iluminancia promedio (cd)		8,06

$$E_m = \frac{\sum v}{C} \frac{m}{d p} \frac{(L)}{m}$$

$$E_m = \frac{(23,6 + 30 + 41,1 + 41,1 + 38,9 + 37,4 + 35 + 38,9 + 4) (L)}{(9)}$$

$$E_m = 32,22 (l)$$

Anexo 10. Calculo de los parámetros idóneos para el alumbrado público del sector

1 de 25

Tabla 10.1. Parámetros para la selección de la clase de iluminación (M) de todas las avenidas del sector.

			Darquea	Primera Imprenta	Unidad Nacional	Luis Antonio Portero	Avenida 5 de Junio	Avenida Abdón Calderón
Parámetro	Opciones	Ponderación	Vp seleccionado					
volumen del trafico	alta	0,5	0	0	0	0	0	0
	moderada	0						
	elevado	1						
	alto	0,5	0,5	-1	0,5	-1	-1	0
	moderado	0						
composición del trafico	bajo	-0,5						
	muy bajo	-1						
	mezcla con alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	1	1	1	1	1	1
	mezclado	1						
separación de vías	solamente motorizado	0						
	no	1	1	1	0	1	1	0
densidad de la intersección	si	0						
	alta	1	0	1	1	1	1	1
vehículos parqueados	moderada	0						
	se permite	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5
iluminación ambiental	no se permite	0						
	alta	1						
	moderada	0	0	0	0	0	0	0
guías visuales	baja	-1						
	pobre	0,5						
	moderado o bueno	0	0	0	0	0	0	0
SUMATORIA			3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Tabla 10.2. Parámetros para la selección de la clase de iluminación (P) de todas las avenidas del sector.

Parámetros para la selección de la clase de iluminación (P)			Darquea	Primera Imprenta	Unidad Nacional	Luis Portero	5 de Junio	Abdón Calderón
Parámetros	Opciones	Valor de ponderación	Vp seleccionado					
Velocidad	Baja	1	1	1	1	1	1	1
	Muy baja	0						
Volumen del tráfico	Elevado	1	-0,5	0	0	-1	-0,5	0
	Alto	0,5						
	Moderado	0						
	Bajo	-0,5						
	Muy bajo	-1						
Composi- ción del tráfico	Peatones, ciclistas y tráfico motorizado	2	1	1	1	1	1	1
	Peatones y tráfico motorizado	1						
	Peatones y ciclistas solamente	1						
	Peatones solamente	0						
	Ciclistas solamente	0						
Vehículo parqueado	Se permite	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5
	No se permite	0						
Iluminaci- ón ambiental	Alta	1	0	0	0	0	0	0
	Moderada	0						
	Baja	-1						
SUMATORIA			2	2,5	2	1,5	2	2,5

Tabla 10.3. Parámetros para la selección de la clase de iluminación (C) de todas las avenidas del sector.

Parámetros para la selección de la iluminación C			Darquea	Primera Imprenta	Unidad Nacional	Luis Portero	5 de Junio	Abdón Calderón
Parámetro	Opciones	Ponderación	Vp seleccionado					
Velocidad	Elevado	3	0	0	0	0	0	0
	Alto	2						
	Moderado	1						
	Bajo	0						
Volumen del tráfico	Elevado	1	0	0	1	0	0	0
	Alto	0,5						
	Moderado	0						
	Bajo	-0,5						
	Muy bajo	-1						
Composición del tráfico	Mezcla con tráfico no motorizado	2	1	1	1	1	1	1
	Mezclado	1						
	Solamente motorizado	0						
Separación de vías	No	1	1	1	0	1	1	1
	Si	0						
Iluminación ambiental	Alta	1	0	0	1	0	0	0
	Moderado	0						
	Bajo	-1						
Guías visuales	Pobre	0,5	0	0	0	0	0	0
	Moderado o bueno	0						
SUMATORIA			2	2	3	2	2	2

10.1. Avenida Darquea

J) Parámetros para selección de iluminación (M)

El nivel de iluminación (M) es importante para la selección del tipo de luminaria que se debe colocar en el sector.

Para determinar el nivel de iluminación (M) se utiliza la ecuación otorgada por la regulación del CONELEC disponible en el **anexo 2**.

$$M = \frac{V_{ps}}{3} \cdot Z$$

$$M = \frac{V_{ps}}{3} \cdot Z \cdot 3A$$

$$M = X \cdot 3$$

Dónde: M: Clase de iluminación (M)

Vps: Es la sumatoria de todos los vp seleccionado en la tabla 10.1

Finalmente se utiliza la **tabla 10.4** para selección del tipo de iluminación y se selecciona la misma en base al resultado obtenido anteriormente, es importante destacar que si el resultado fuese un número decimal se debe seleccionar el tipo de iluminación con el inmediato inferior a dicho número para conocer el deslumbramiento que debe tener el sector.

clase de iluminación	tipo de superficie				incremento de umbral	relación de alrededor
	seco		mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	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

Tabla 10.4. Nivel de iluminación (M) idóneo para la avenida Darquea.

J) Parámetros para selección de iluminación (P)

En la **tabla 10.2** se utilizan los valores reales del sector, de aquí se obtiene el valor de iluminancia horizontal que debe llegar a la superficie.

Para determinar el nivel de iluminación (P) se utiliza la ecuación otorgada por la regulación del CONELEC disponible en el **anexo 2**.

$$P \times f_6 \times Z = V_{ps} \times A$$

$$P \times f_6 \times Z = 2A$$

$$P \times 4$$

Finalmente se utiliza la **tabla 10.5** para la selección del tipo de iluminación (P) y se selecciona la misma para conocer el valor de iluminancia horizontal que debe tener el sector.

Tabla 10.5 Nivel de iluminación (P) idóneo para la avenida Darquea.

Clase 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

J) Parámetros para selección de iluminación (C)

Esta es la parte más importante para la selección de iluminación en un proyecto de iluminación de exteriores, ya que es aquí donde se determina el nivel de iluminancia promedio que debe tener el sector, y de este parámetro se seleccionan: la distribución, altura y distancia de separación entre luminarias.

Utilizando la **tabla 10.3** obtenida de la regulación del CONELEC disponible en el **anexo 2** podemos determinar los valores reales del sector y obtener el valor que permitirá seleccionar el tipo de iluminación.

Se utiliza la ecuación para determinar el nivel de iluminación (C) disponible en el **anexo 2**.

$$C \times f_6 Z \quad V_{ps} f$$

$$C \times f_6 Z 2A$$

$$C \times 4$$

Se utiliza la **tabla 10.6** para la selección del tipo de iluminación (C) y se selecciona la misma para conocer el valor de iluminancia promedio que debe tener el sector.

Tabla 10.6. Nivel de iluminación (C) idónea para la avenida Darquea.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio	Uniformidad de la iluminancia	Incremento de umbral (%)	
			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

) Selección de la luminaria

Para realizar la selección de la luminaria, una vez obtenidos los valores de iluminación. Nos valemos del catálogo de shark LED que es el principal distribuidor de luminarias para iluminación de exteriores en el país.

En base a los parámetros proporcionados por el fabricante, y tomando los datos del catálogo se ha desarrollado la **tabla 10.7** que permita relacionar todos los parámetros importantes y se selecciona la más adecuada en base al cálculo y nivel de iluminación obtenido en la **tabla 10.4**.

La forma de las fotometrías T2S y T2M se pueden encontrar en el **anexo 1**.

Tabla 10.7. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura de montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) **Cálculo del flujo luminoso de la luminaria**

Para realizar el cálculo del flujo luminoso que emite la luminaria seleccionada nos basamos en la **ecuación 4.5** y utilizamos los datos de la **tabla 10.7**.

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{13440}{1}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X13440$$

) **Cálculo para la distribución de las luminarias**

Para determinar la distribución idónea que debería existir en el sector se debe realizar una relación entre la altura de instalación de las luminarias (este dato se toma del catálogo en base a la lámpara seleccionada) y la anchura de la calzada (la anchura real de la calzada en el sector). Para esto se realiza la **tabla 10.8** en donde encontramos esos datos para el respectivo cálculo.

Tabla 10.8. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	12

) Cálculo de la relación altura/anchura

Para realizar este cálculo se utiliza la ecuación 4.6

$$R = X \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación}}$$

$$R = X \frac{12}{10}$$

$$R = X 1,2$$

Una vez obtenido el valor de R debemos seleccionar el tipo de disposición de luminarias más idóneo para el sector, esto lo realizamos basándonos en la **tabla 10.9**.

Tabla 10.9. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	$1 < X < 1,5$
Pareada	$> 1,5$

) Factor de mantenimiento de las luminarias

Para determinar el factor de mantenimiento únicamente seleccionamos el nivel más cercano al del sector de investigación. Esto se puede evidenciar en la **tabla 10.10**.

Tabla 10.10. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

) Cálculo de la distancia de separación entre luminarias

$$d = X \frac{y * F_m * \theta_L}{A * E_m}$$

$$d \times \frac{1 * 0,70 * 13440}{12 * 10}$$

$$d \times 78,4 \text{ m}$$

10.2. Avenida Primera Imprenta

) Parámetros para selección de iluminación (M)

$$M \times f_6 Z \quad V_{ps} \text{ A}$$

$$M \times f_6 Z 2,5A$$

$$M \times 3,5$$

Tabla 10.11 Nivel de iluminación (M) idónea para la avenida Primera Imprenta.

clase de iluminación	tipo de superficie				incremento de umbral	relación de alrededor
	seco		mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	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

) Parámetros para selección de iluminación (P)

$$P \times f_6 Z \quad V_{ps} \text{ A}$$

$$P \times f_6 Z 2,5A$$

$$P \times 3,5$$

Tabla 10.12 Nivel de iluminación (P) idónea para la avenida Primera Imprenta.

Clase 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

) **Parámetros para selección de iluminación (C)**

$$C \times f_6 Z \quad v_{ps} t$$

$$C \times f_6 Z 2A$$

$$C \times 4$$

Tabla 10.13 Nivel de iluminación (C) idónea para la avenida Primera Imprenta.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio Promedio E (lux)4	Uniformidad de la iluminancia Uo E	Incremento de umbral (%)	
			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

) Selección de la luminaria

Tabla 10.14. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura del Montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) Cálculo del flujo luminoso de la luminaria

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{13440}{1}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X 13440$$

) Cálculo para la distribución de las luminarias

Tabla 10.15. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	12

$$R = X \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación}}$$

$$R = X \frac{12}{10}$$

$$R = X 1,2$$

Tabla 10.16. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	$1 < X < 1,5$
Pareada	$> 1,5$

) **Factor de mantenimiento de las luminarias**

Tabla 10.17. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

) **Cálculo de la distancia de separación entre luminarias**

$$d = X \frac{y * F_m * \theta_L}{A * E_m}$$

$$d = X \frac{1 * 0,70 * 13440}{12 * 10}$$

$$d = X 78,4 \text{ m}$$

10.3. Avenida unidad nacional

) **Parámetros para selección de iluminación (M)**

$$M = X f_6 Z \quad V_{ps} \text{ A}$$

$$M = X f_6 Z 2,5 \text{ A}$$

$$M = X 3,5$$

Tabla 10.18 Nivel de iluminación (M) idónea para la avenida Unidad Nacional.

clase de iluminación	tipo de superficie			incremento de umbral	relación de alrededor	
	seco		mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	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

)] **Parámetros para selección de iluminación (P)**

$$P \times f_6 Z \quad V_{ps} f$$

$$P \times f_6 Z 2A$$

$$P \times 4$$

Tabla 10.19 Nivel de iluminación (P) idónea para la avenida Primera Imprenta.

Clase 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

)] **Parámetros para selección de iluminación (C)**

$$C \times f_6 Z \quad V_{ps} f$$

$$C \times f_6 Z 2A$$

$$C \times 4$$

Tabla 10.20 Nivel de iluminación (C) idónea para la avenida Primera Imprenta.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio Promedio E (lux) ⁴	Uniformidad de la iluminancia Uo E	Incremento de umbral (%)	
			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

) Selección de la luminaria

Tabla 10.21. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura del Montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) Cálculo del flujo luminoso de la luminaria

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{13440}{1}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X13440$$

) Cálculo para la distribución de las luminarias

Tabla 10.22. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	24

$$R \times \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación}}$$

$$R \times \frac{24}{10} \quad R \times 2,4$$

Tabla 10.23. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	$1 < X < 1,5$
Pareada	$> 1,5$

) Factor de mantenimiento de las luminarias

Tabla 10.24. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

) **Cálculo de la distancia de separación entre luminarias**

$$d = \sqrt{\frac{y \cdot F_m \cdot \theta_L}{A \cdot E_m}}$$

$$d = \sqrt{\frac{1 \cdot 0,70 \cdot 13440}{\frac{24}{2} \cdot 15}}$$

$$d = 52,3 \text{ m}$$

10.4. Avenida Luis Antonio Portero

) **Parámetros para selección de iluminación (M)**

$$M = \frac{Z \cdot V_{ps}}{f_6}$$

$$M = \frac{Z \cdot 2,5}{f_6}$$

$$M = 3,5$$

Tabla 10.25 Nivel de iluminación (M) idóneo para la avenida Luis Antonio Portero.

clase de iluminación	tipo de superficie				incremento de umbral	relación de alrededor
	seco		mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo	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

) **Parámetros para selección de iluminación (P)**

$$P = \frac{Z \cdot V_{ps}}{f_6}$$

$$P = \frac{Z \cdot 1,5}{f_6}$$

$$P = 4,5$$

Tabla 10.26 Nivel de iluminación (P) idóneo para la avenida Luis Antonio Portero.

Clase 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

)] **Parámetros para selección de iluminación (C)**

$$C \times f_6 Z \quad v_{ps} f$$

$$C \times f_6 Z 2A$$

$$C \times 4$$

Tabla 10.27 Nivel de iluminación (C) idóneo para la avenida Luis Antonio Portero.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio Promedio E (lux)4	Uniformidad de la iluminancia Uo E	Incremento de umbral (%)	
			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

) Selección de la luminaria

Tabla 10.28. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura del Montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) Cálculo del flujo luminoso de la luminaria

$$\theta_{\text{útil}} \times \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} \times \frac{13440}{1} \qquad \theta_{\text{útil}} \times 13440$$

) Cálculo para la distribución de las luminarias

Tabla 10.29. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	8

$$R \times \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación}}$$

$$R \times \frac{8}{10} \qquad R \times 0,8$$

Tabla 10.30. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	1 < X < 1,5
Pareada	> 1,5

) **Factor de mantenimiento de las luminarias**

Tabla 10.31. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

) **Cálculo de la distancia de separación entre luminarias**

$$d \times \frac{y * F_m * \theta_L}{A * E_m}$$

$$d \times \frac{1 * 0,70 * 13440}{8 * 10}$$

$$d \times 117,6 \text{ m}$$

10.5. Avenida 5 de junio

) **Parámetros para selección de iluminación (M)**

$$M \times f_6 Z \quad V_{ps} \text{ A}$$

$$M \times f_6 Z 2,5 \text{ A}$$

$$M \times 3,5$$

Tabla 10.32 Nivel de iluminación (M) idóneo para la avenida 5 de Junio.

clase de iluminación	tipo de superficie				incremento de umbral de Ti %	relación de alrededor SR
	seco		mojado			
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo		
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

)] **Parámetros para selección de iluminación (P)**

$$P \times f_6 Z \quad V_{ps} f$$

$$P \times f_6 Z 2A$$

$$P \times 4$$

Tabla 10.33. Nivel de iluminación (P) idóneo para la avenida 5 de Junio.

Clase 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

)] **Parámetros para selección de iluminación (C)**

$$C \times f_6 Z \quad V_{ps} f$$

$$C \times f_6 Z 2A$$

$$C \times 4$$

Tabla 10.34 Nivel de iluminación (C) idóneo para la avenida 5 de Junio.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio E (lux) ⁴	Uniformidad de la iluminancia U _o E	Incremento de umbral (%)	
			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

) Selección de la luminaria

Tabla 10.35. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura del Montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) Cálculo del flujo luminoso de la luminaria

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{13440}{1}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X 13440$$

) Cálculo para la distribución de las luminarias

Tabla 10.36. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	12

$$R = X \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación } n}$$

$$R = X \frac{12}{10}$$

$$R = X 1,2$$

Tabla 10.37. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	$1 < X < 1,5$
Pareada	$> 1,5$

) **Factor de mantenimiento de las luminarias**

Tabla 10.38. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

) **Cálculo de la distancia de separación entre luminarias**

$$d \times \frac{y * F_m * \theta_L}{A * E_m}$$

$$d \times \frac{1 * 0,70 * 13440}{12 * 10}$$

$$d \times 78,4 \text{ m}$$

10.6. Avenida Abdón calderón

) **Parámetros para selección de iluminación (M)**

$$M \times f_6 Z \quad V_{ps} \hat{A}$$

$$M \times f_6 Z 2,5 \hat{A}$$

$$M \times 3,5$$

Tabla 10.39 Nivel de iluminación (M) idóneo para la avenida Abdón Calderón.

clase de iluminación	tipo de superficie				incremento de umbral Ti %	relación de alrededor SR
	seco			mojado		
	Lav(cd/m2)	Uo	Uf	Uo		
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

) **Parámetros para selección de iluminación (P)**

$$P \times f_6 Z \quad V_{ps} \text{ A}$$

$$P \times f_6 Z \text{ 2,5A}$$

$$P \times 3,5$$

Tabla 10.40 Nivel de iluminación (P) idóneo para la avenida Abdón Calderón.

Clase 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

) **Parámetros para selección de iluminación (C)****Tabla 10.41** Nivel de iluminación (C) idóneo para la avenida Abdón Calderón.

Clases de iluminación	Iluminancia promedio Promedio E (lux)4	Uniformidad de la iluminancia Uo E	Incremento de umbral (%)	
			Moderada y alta	Baja y muy baja
C0	50	0,4	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20

) Selección de la luminaria

Tabla 10.42. Selección de la luminaria en base al nivel de iluminación (M).

Shark LED					
Clase de iluminación	Potencia (W)	Altura del Montaje (m)	Flujo útil total por luminaria (Lm)	Fotometría	
M1	220	12	24200	T2S	100%
M2	150	12	16500	T2S	100%
M3	120	10	13440	T2S	100%
M4	60	8	6600	T2M	96%
M5	35	7,5	3300	T2M	96%
M6	35	7,5	3300	T2M	96%

) Cálculo del flujo luminoso de la luminaria

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{\theta_L}{y}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X \frac{13440}{1}$$

$$\theta_{\text{útil}} = X13440$$

) Cálculo para la distribución de las luminarias

Tabla 10.43. Datos de la instalación de luminarias.

Altura de las lámparas	Anchura
10	12

$$R = X \frac{\text{Anchura de la calzada}}{\text{Altura de instalación } n}$$

$$R = X \frac{12}{10} \quad R = X 1,2$$

Tabla 10.44. Tipo de distribución idónea para el sector.

Disposición	Relación altura/anchura
Unilateral	1
Tresbolillo	1 < X < 1,5
Pareada	> 1,5

)] **Factor de mantenimiento de las luminarias**

Tabla 10.45. Selección del factor de mantenimiento en el sector.

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0,75	0,80
Media	0,68	0,70
Sucia	0,65	0,68

Fuente: Grupo de investigación

)] **Cálculo de la distancia de separación entre luminarias**

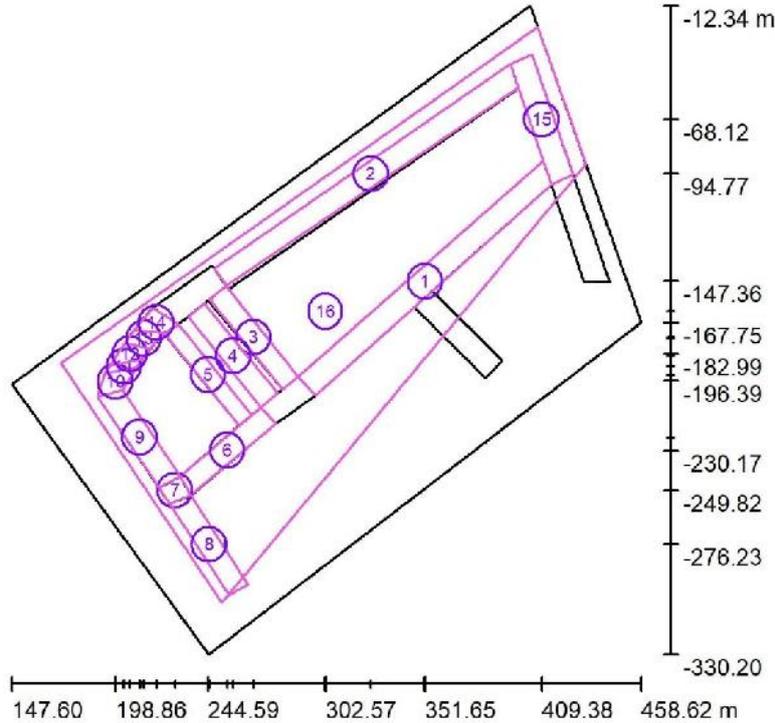
$$d = \frac{\eta \cdot F_m \cdot \Phi_L}{A \cdot E_m}$$

$$d = \frac{1 * 0,70 * 13440}{12 * 10}$$

$$d = 7,4 \text{ m}$$

DIALUX

Escena exterior 1 / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo							
1	1	perpendicular	128 x 128	17	4.34	45	0.249	0.095
2	Superficie de cálculo							
2	1	perpendicular	128 x 128	18	0.71	56	0.040	0.013
3	Superficie de cálculo							
3	2	perpendicular	128 x 64	23	1.99	78	0.086	0.026
4	Superficie de cálculo							
4	2	perpendicular	32 x 128	21	1.02	47	0.049	0.021
5	Superficie de cálculo							
5	2	perpendicular	128 x 128	24	5.76	46	0.239	0.125
6	Superficie de cálculo							
6	3	perpendicular	128 x 128	22	10	45	0.463	0.222
7	Superficie de cálculo							
7	4	perpendicular	32 x 32	40	24	60	0.595	0.396
8	Superficie de cálculo							
8	4	perpendicular	128 x 32	27	15	39	0.549	0.376
9	Superficie de cálculo							
9	4	perpendicular	128 x 128	23	5.58	51	0.239	0.109

DIALux

Escena exterior 1 / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

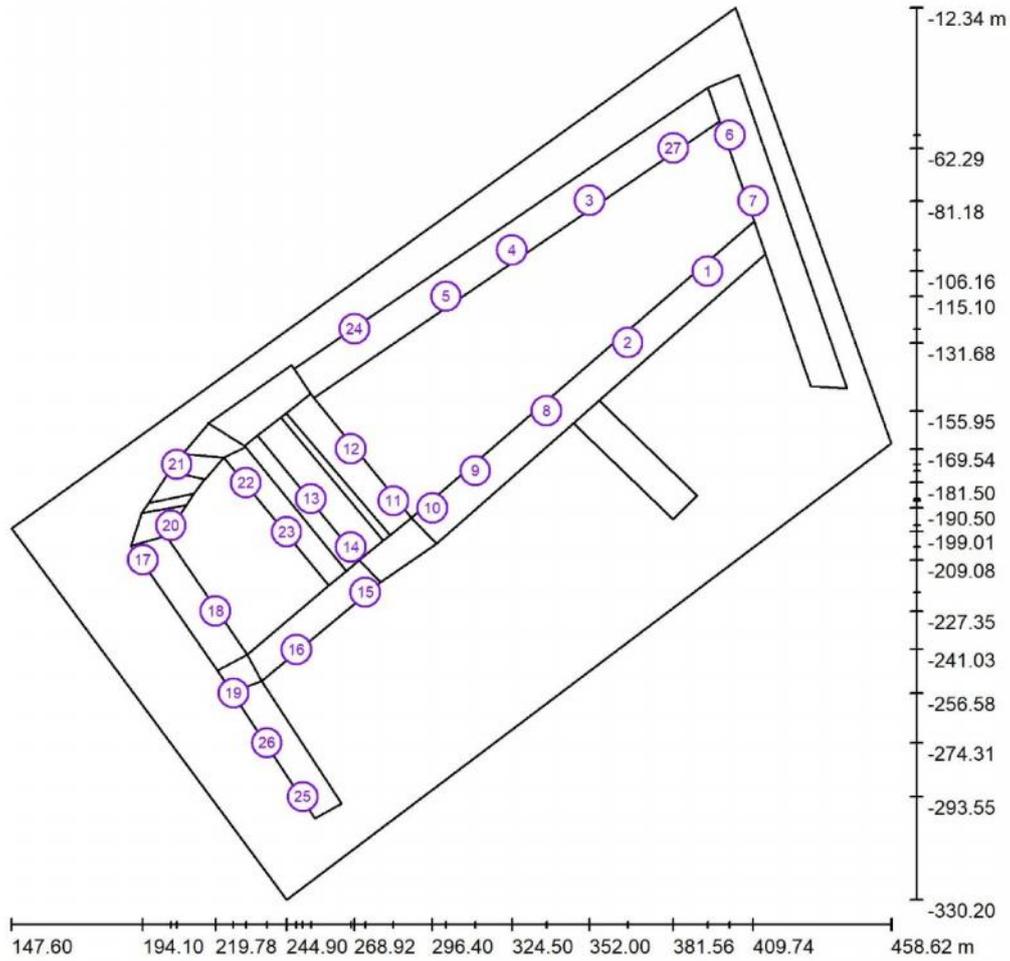
Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	Superficie de cálculo 5	perpendicular	64 x 32	34	21	42	0.628	0.504
11	Superficie de cálculo 6	perpendicular	128 x 128	27	20	32	0.739	0.626
12	Superficie de cálculo 7	perpendicular	128 x 128	27	18	36	0.673	0.508
13	Superficie de cálculo 8	perpendicular	32 x 16	24	8.70	39	0.358	0.224
14	Superficie de cálculo 9	perpendicular	128 x 128	13	5.12	25	0.406	0.205
15	Superficie de cálculo 11	perpendicular	128 x 32	18	3.92	34	0.217	0.115
16	Superficie de cálculo 12	perpendicular	128 x 128	12	0.00	82	0.000	0.000

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	16	14	0.00	82	0.00	0.00

DIALux



Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 1	393.687	-106.164	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
2	Observador GR 1	365.449	-131.677	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
3	Observador GR 2	352.000	-80.988	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
4	Observador GR 2	324.500	-98.700	1.700	0.0	360.0	15.0	-2.0	17 ¹⁾

DIALux

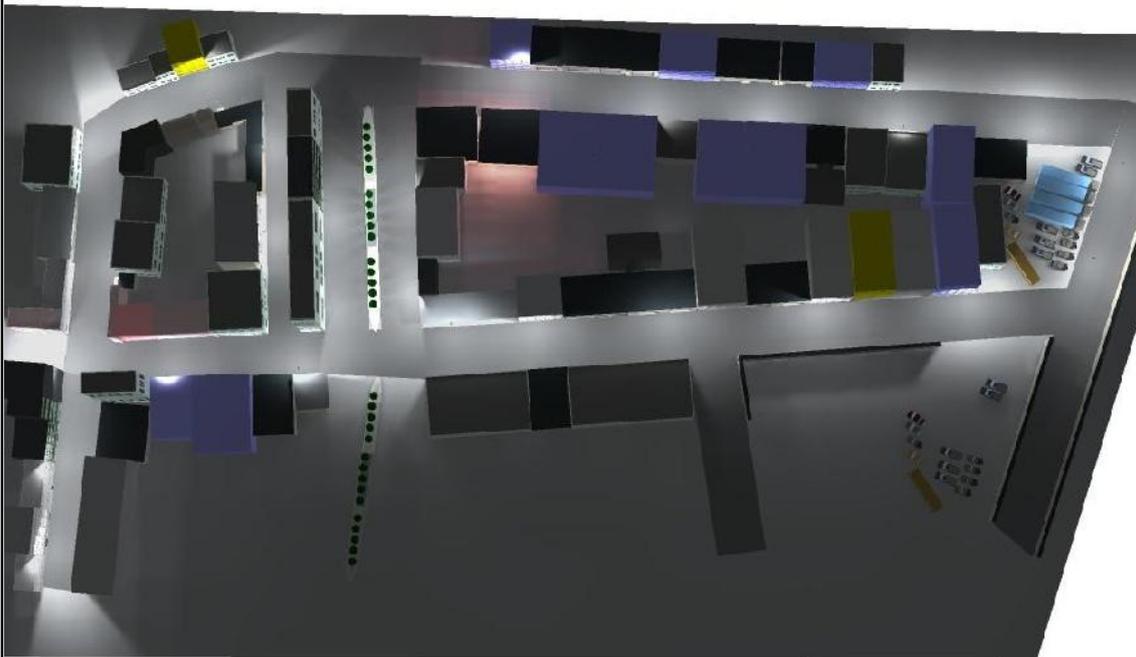
Escena exterior 1 / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 3	301.200	-115.100	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	19 ¹⁾
6	Observador GR 4	401.526	-57.669	1.700	0.0	360.0	15.0	-2.0	23 ¹⁾
7	Observador GR 5	409.743	-81.184	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	22 ¹⁾
8	Observador GR 6	336.748	-155.951	1.700	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
9	Observador GR 7	311.600	-177.300	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	24 ¹⁾
10	Observador GR 8	296.400	-190.500	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	23 ¹⁾
11	Observador GR 7	282.600	-188.000	1.700	0.0	360.0	15.0	-2.0	23 ¹⁾
12	Observador GR 7	267.628	-169.537	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	16 ¹⁾
13	Observador GR 9	253.513	-187.243	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	21 ¹⁾
14	Observador GR 10	267.613	-204.499	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	24 ¹⁾
15	Observador GR 11	272.745	-220.605	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	12 ¹⁾
16	Observador GR 12	248.386	-241.029	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	18 ¹⁾
17	Observador GR 13	194.097	-209.085	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	27 ¹⁾
18	Observador GR 14	219.782	-227.349	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	24 ¹⁾
19	Observador GR 15	226.136	-256.575	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	28 ¹⁾
20	Observador GR 16	204.045	-196.753	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	26 ¹⁾
21	Observador GR 17	206.092	-175.038	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	25 ¹⁾
22	Observador GR 18	230.562	-181.504	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	18 ¹⁾
23	Observador GR 19	244.896	-199.008	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	20 ¹⁾
24	Observador GR 20	268.923	-126.767	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	19 ¹⁾
25	Observador GR 21	250.607	-293.553	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	19 ¹⁾
26	Observador GR 22	237.987	-274.311	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 ¹⁾
27	Observador GR 23	381.555	-62.292	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10

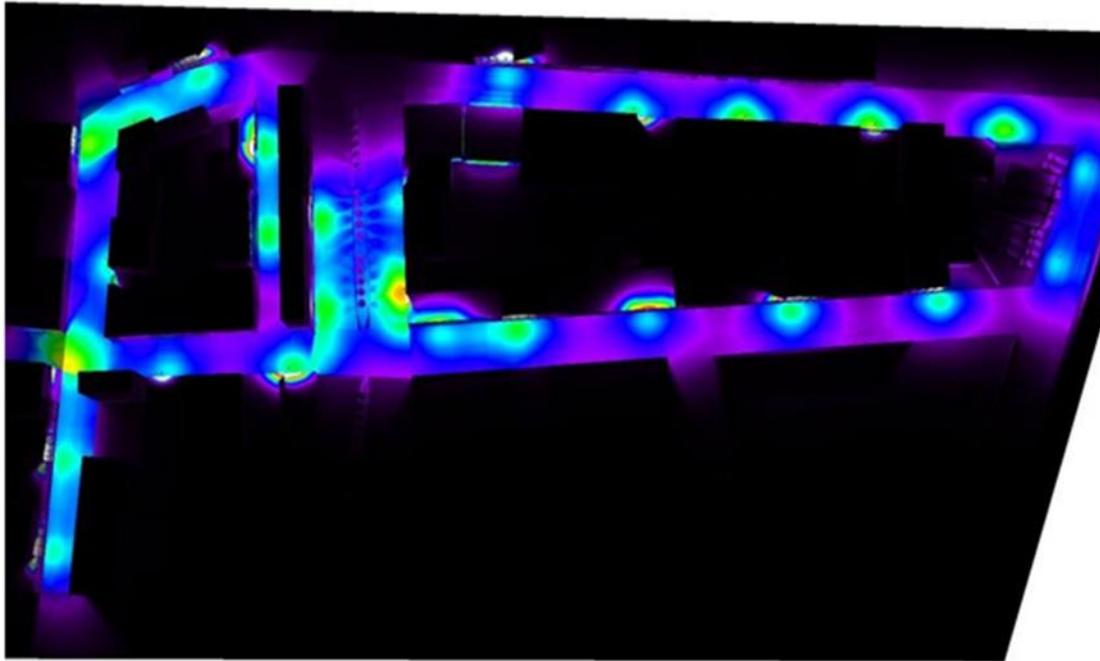
DIALux

Escena exterior 1 / Rendering
(procesado) en 3D



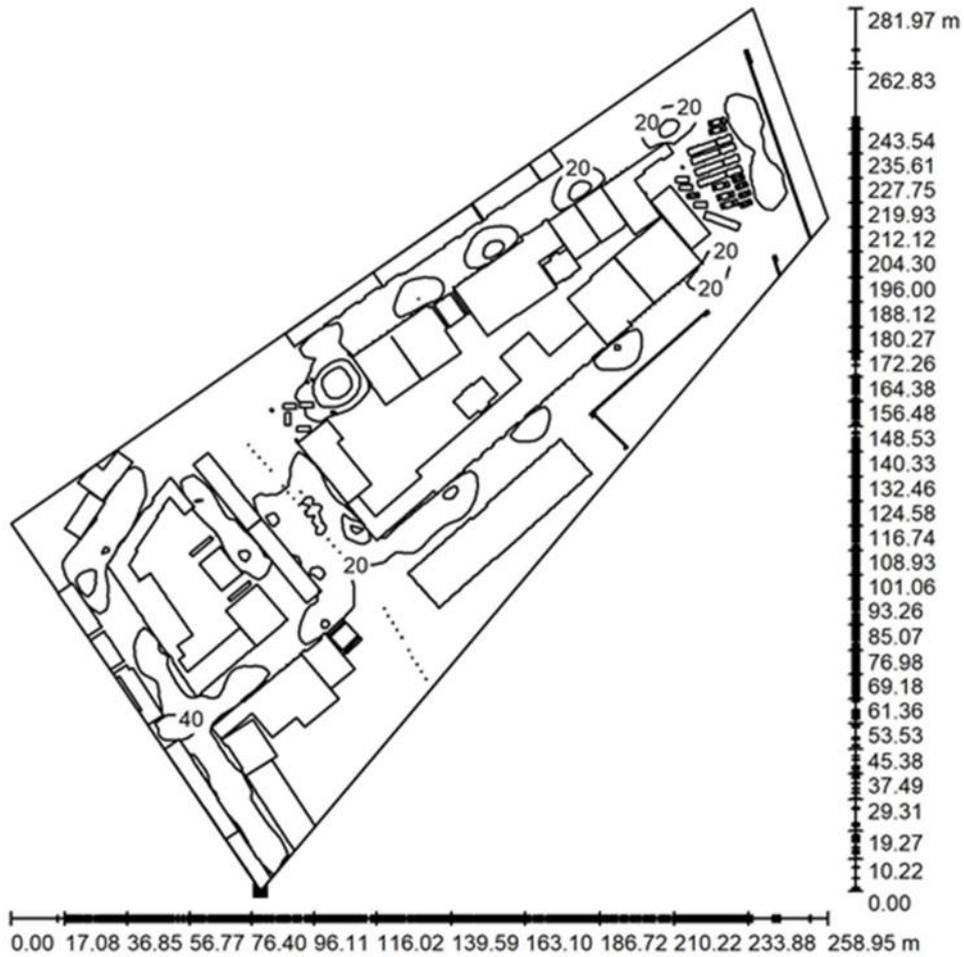
DIALux

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



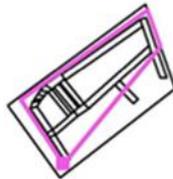
DIALux

Escena exterior 1 / Superficie de cálculo 12 / Isolíneas (E, perpendicular)



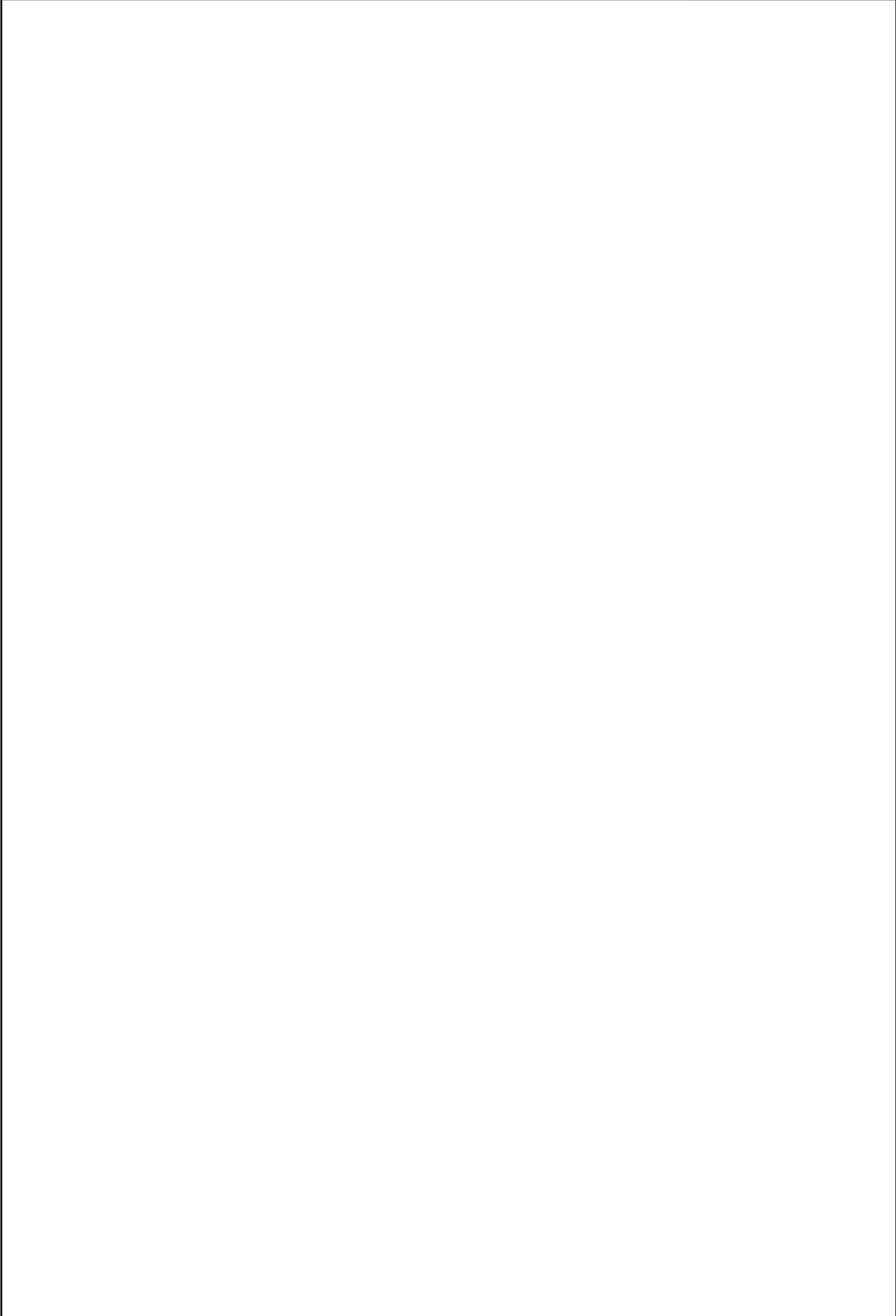
Valores en Lux, Escala 1 : 2205

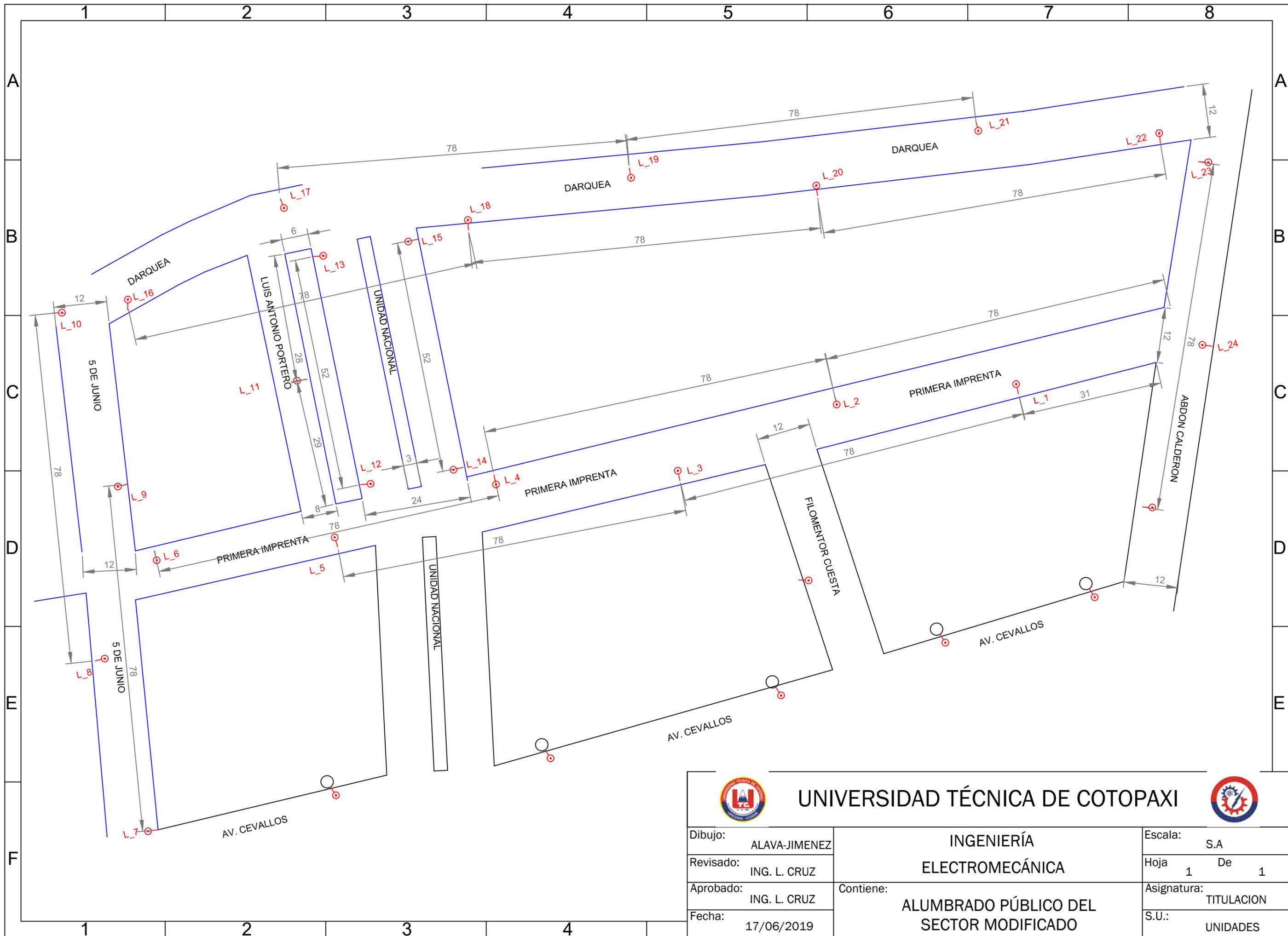
Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (251.360 m, -304.836 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_{min} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_{m}	E_{min} / E_{max}
12	0.00	82	0.000	0.000





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

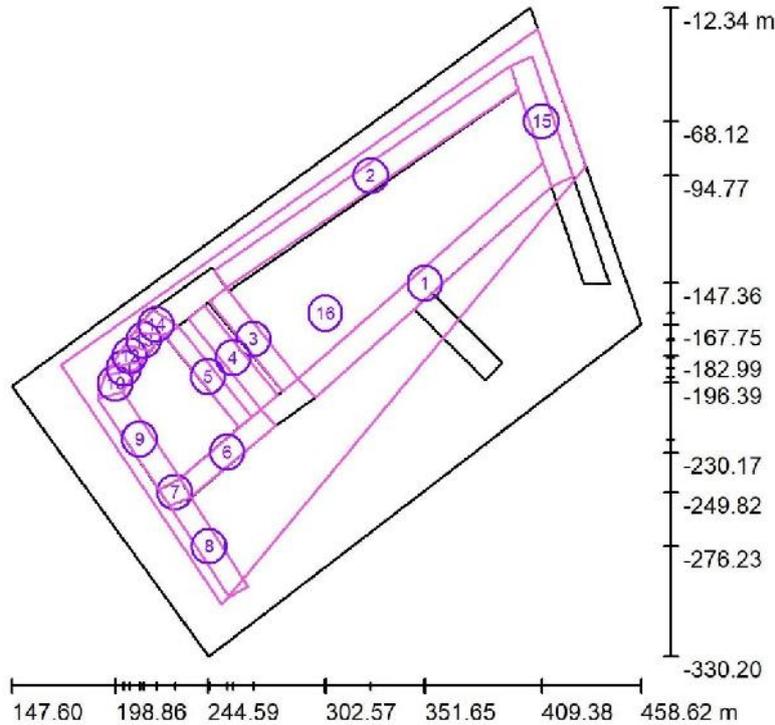


Dibujo: ALAVA-JIMENEZ
 Revisado: ING. L. CRUZ
 Aprobado: ING. L. CRUZ
 Fecha: 17/06/2019

INGENIERÍA
 ELECTROMECAÁNICA
 Contiene:
 ALUMBRADO PÚBLICO DEL
 SECTOR MODIFICADO

Escala: S.A
 Hoja 1 De 1
 Asignatura: TITULACION
 S.U.: UNIDADES

Escena exterior 1 / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	15	3.49	35	0.233	0.100
2	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	16	3.77	37	0.234	0.101
3	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 64	16	2.22	45	0.140	0.050
4	Superficie de cálculo 2	perpendicular	32 x 128	16	2.20	45	0.141	0.049
5	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	13	0.95	35	0.074	0.027
6	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 128	18	5.06	40	0.274	0.127
7	Superficie de cálculo 4	perpendicular	32 x 32	15	8.11	23	0.538	0.354
8	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 32	17	6.50	35	0.373	0.187
9	Superficie de cálculo 4	perpendicular	128 x 128	17	3.39	38	0.202	0.090

DIALux

Escena exterior 1 / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

Lista de superficies de cálculo

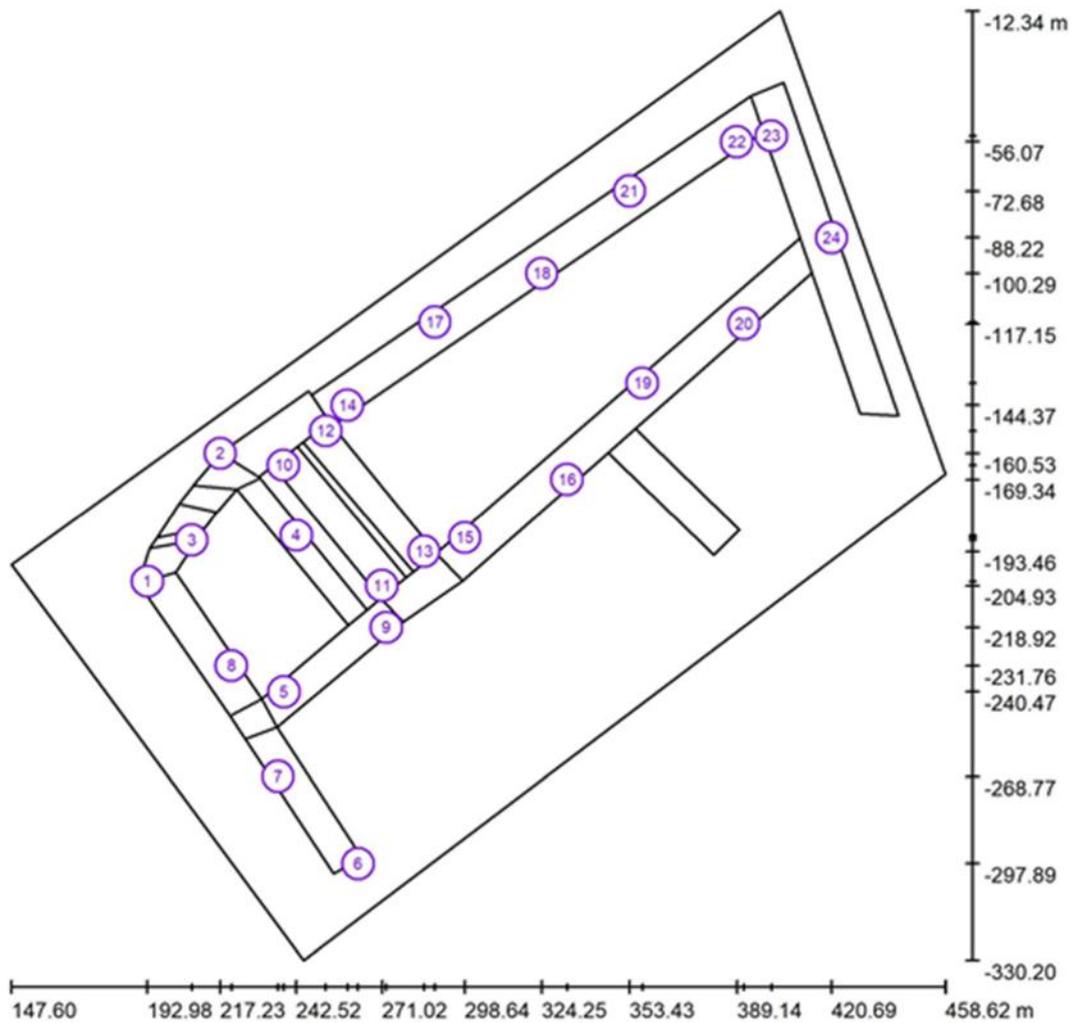
Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	Superficie de cálculo 5	perpendicular	64 x 32	29	21	37	0.738	0.573
11	Superficie de cálculo 6	perpendicular	128 x 128	28	20	37	0.704	0.548
12	Superficie de cálculo 7	perpendicular	128 x 128	22	12	33	0.563	0.375
13	Superficie de cálculo 8	perpendicular	32 x 16	14	9.78	18	0.688	0.549
14	Superficie de cálculo 9	perpendicular	128 x 128	20	7.61	34	0.389	0.223
15	Superficie de calculo 11	perpendicular	128 x 32	17	5.10	38	0.292	0.134
16	Superficie de cálculo 12	perpendicular	128 x 128	10	0.00	44	0.000	0.000

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	16	12	0.00	45	0.00	0.00

DIALux

Escena exterior 1 / Observador GR (sumario de resultados)



Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Area del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclinación	
1	Observador GR 24	192.977	-203.505	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	27 ¹⁾
2	Observador GR 25	217.232	-160.534	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	21 ¹⁾
3	Observador GR 26	207.760	-189.691	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	25 ¹⁾
4	Observador GR 28	242.523	-188.049	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾

DIALux

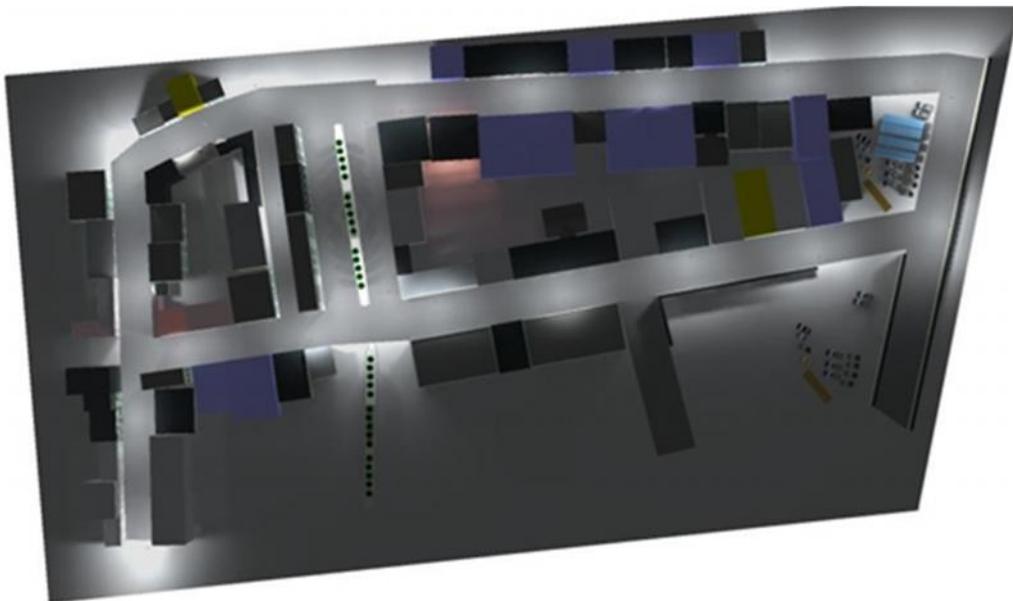
Escena exterior 1 / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

Nº	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 29	238.364	-240.473	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
6	Observador GR 30	263.055	-297.892	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
7	Observador GR 31	236.414	-268.772	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	12 ¹⁾
8	Observador GR 32	220.944	-231.762	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	13 ¹⁾
9	Observador GR 33	272.449	-218.923	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	18 ¹⁾
10	Observador GR 34	238.250	-164.452	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	27 ¹⁾
11	Observador GR 35	271.021	-204.929	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	23 ¹⁾
12	Observador GR 36	252.293	-152.979	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	25 ¹⁾
13	Observador GR 37	285.056	-193.463	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	27 ¹⁾
14	Observador GR 38	259.565	-144.373	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	15 ¹⁾
15	Observador GR 39	298.640	-188.788	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	16 ¹⁾
16	Observador GR 40	332.654	-169.339	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	11 ¹⁾
17	Observador GR 41	288.572	-116.518	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	12 ¹⁾
18	Observador GR 42	324.252	-100.290	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	14 ¹⁾
19	Observador GR 43	357.681	-136.963	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	12 ¹⁾
20	Observador GR 44	391.474	-117.148	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 ¹⁾
21	Observador GR 45	353.428	-72.682	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	14 ¹⁾
22	Observador GR 46	389.138	-56.072	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	11 ¹⁾
23	Observador GR 47	400.643	-54.084	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	24 ¹⁾
24	Observador GR 48	420.693	-88.223	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	16

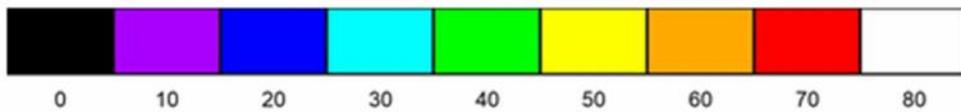
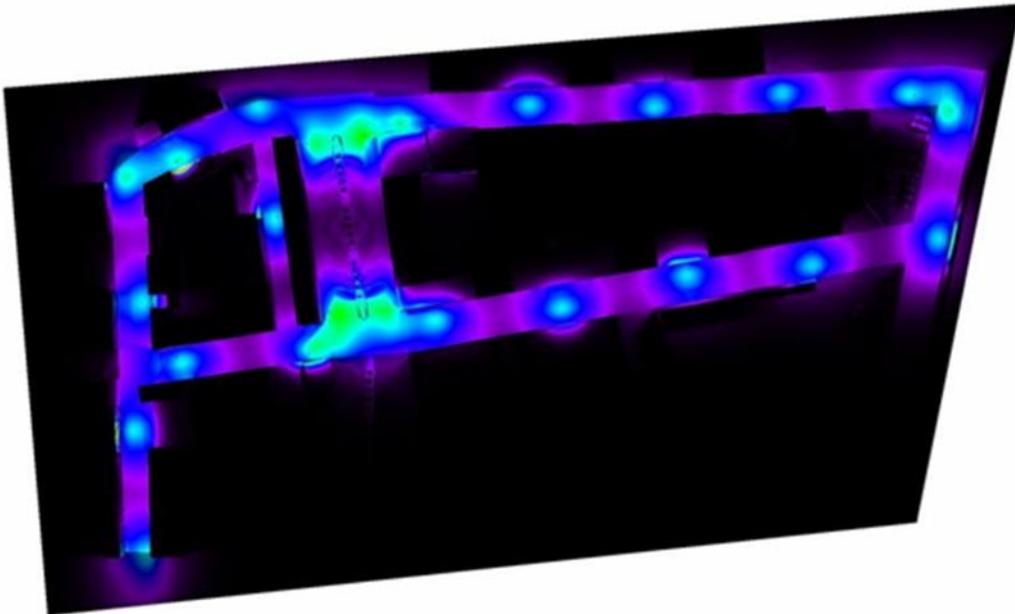
DIALux

Escena exterior 1 / Rendering
(procesado) en 3D



DIALux

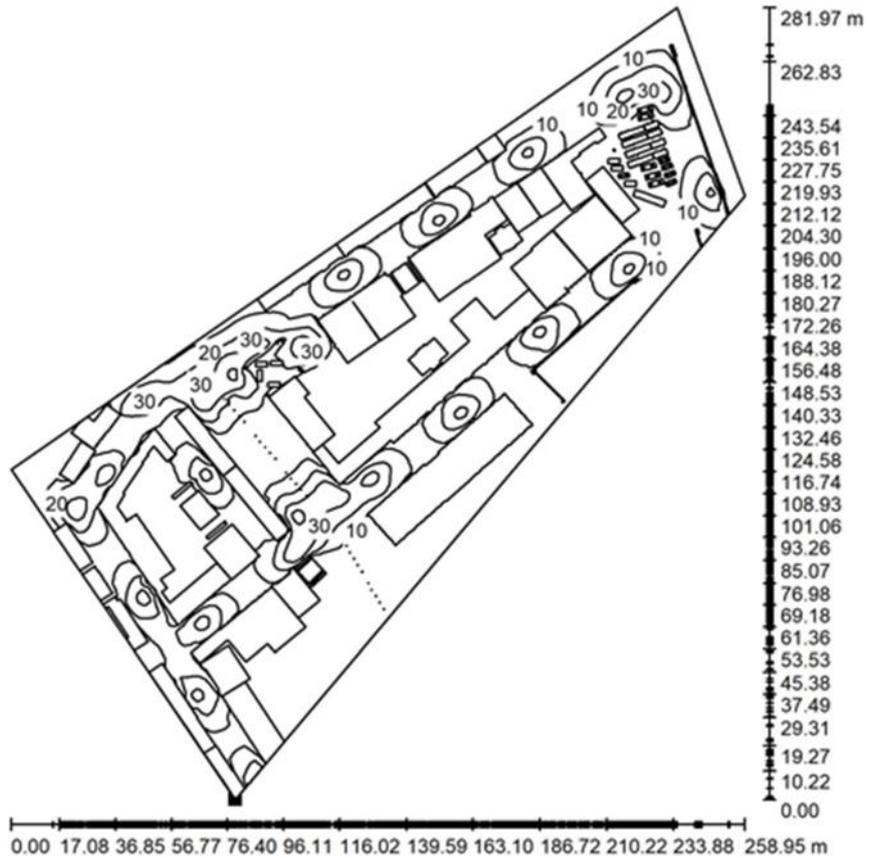
Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



lx

DIALux

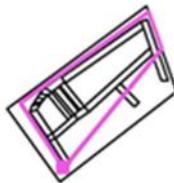
Escena exterior 1 / Superficie de cálculo 12 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 2205

Situación de la superficie en la escena exterior:

Punto marcado:
(251.360 m, -304.836 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_{min} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	0.00	44	0.000	0.000



EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.

R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995

Aut. de l S.R.L.: 1101201901189000143900120010120099337550993375517 Fecha Aut.: 2019-01-11T15:20:57-05:00

Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo

Teléfono: 03-2998600

Factura Nro. 001012 - 009933755

Valor a Pagar: 22.78

Fecha Emisión: 11-Ene-2019 Vencimiento: 20-Ene-2019 Mes Consumo: Diciembre2018 Bloque Facturación: 2

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

Nombre: HIDALGO PALMA JOS E DENNIS

CC/RUC: 130255341

Dirección del Servicio: PRIMERA IMPRENTA Y ABDON CALDERON

Ruta: 1 - 5 - 1

Provincia / Cantón / Parroquia: TUNGURAHUA/AMBATO

Código Único Eléctrico Nacional: 0100149986

Tipo de Tarifa: RESIDENCIAL

Medidor Número: 728541

Lectura Desde: Lectura Hasta:

Días Facturados 30

1 FACTURACION SERVICIO ELECTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und
Activa	3420	3270	150	kWh

Concepto	Valor USD
Máx Consumo	13.95
Subsidio Cruzado	1.54
Máx Comercialización	1.41
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	16.90
Alumbrado Público	1.73
Subtotal Alumbrado Público (APG)	1.73

Dic-17	125	19.49
Ene-18	102	17.34
Feb-18	127	19.80
Mar-18	89	13.93
Abr-18	184	28.51
May-18	131	20.31
Jun-18	119	18.76
Jul-18	91	14.17
Ago-18	109	17.46
Sep-18	113	17.99
Oct-18	124	19.40
Nov-18	145	22.12
Dic-18	150	22.78



Total IVA 12%	
Total IVA 0%	18.63
IVA 12%	
IVA 0%	0.00
TOTAL SE y APG (1)	18.63

□ Límite Tarifa Dignidad ■ kWh

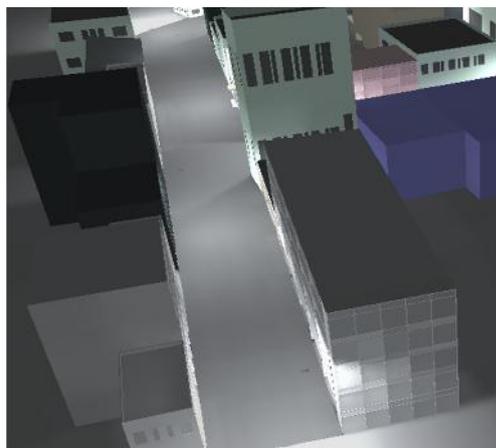
TOTAL	
Total Servicio Eléctrico(1)	18.63
Valores Pendientes (2):	0.00
Recaudación Terceros (3):	
TOTAL (1)+(2)+(3) Sector Eléctrico	18.63



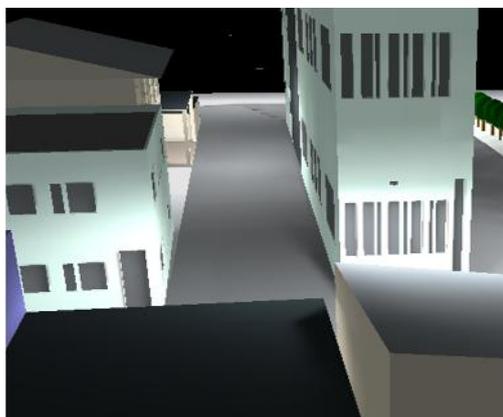
Clave Acceso: 1101201901189000143900120010120099337550993375517



Anexo 15.1 Unidad Nacional.



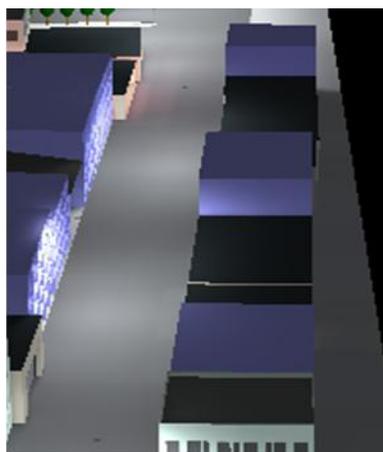
Anexo 15.2 Calle 5 de Junio.



Anexo 15.3 Luis A. Portero.



Anexo 15.4 Primera Imprenta .



Anexo 15.5 Daquea.



Anexo 15.6 Abdón Calderón.

Sampling Rate:	2.5 times per second for digital display
Display:	LCD
Sensor:	Silicon photodiode and filter
Measuring Range:	0 - 99999 Lux 0 - 9999 Foot candles
Accuracy:	±3% (Calibrated to standard incandescent lamp at 2854° K) ±6% other visible light sources



Anexo 16.1 Especificaciones de equipo de medición.



Anexo 16.1 Comparación con otro equipo de medición (propiedad del laboratorio de la facultad) y programa de telefonía (luxómetro: smart luxmeter) disponible gratis en la Google Play para sistema Android.

Tabla 16.1 Variación de E max de los Equipos de medición

	Equipo del Grupo de Investigación	App	Equipo de Laboratorio
E _{max} (Lux)	57,2	57	71,7
%		-0,3%	25,3%

El equipo con el que se realizó las mediciones con la App tiene una pequeña variación del -0,3% , lo que no sucede con respecto al equipo disponible en el laboratorio quizás en este existiese una descalibración ya el porcentaje es significativo en 25,3%.