



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

#### Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado  
público con tecnología led para la facultad de la Energía las  
Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la  
Universidad Nacional de Loja.**

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico.

#### **AUTOR:**

Michael Vladimir Cuenca Carrión

#### **DIRECTOR:**

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 12 de septiembre de 2024

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del trabajo de Titulación denominado: **Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Michael Vladimir Cuenca Carrión**, con **cédula de identidad Nro. 1150105292**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Auditoria**

Yo, **Michael Vladimir Cuenca Carrión**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 1150105292

**Correo Electrónico:** michael.cuenca@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991260090

**Fecha:** 12 de septiembre de 2024

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del trabajo de titulación.**

Yo **Michael Vladimir Cuenca Carrión**, declaro ser autor del trabajo de titulación denominado: **Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja**. como requisito para obtener el título de: **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, suscribo en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de septiembre del dos mil veinticuatro.

**Firma:**



**Autor:** Michael Vladimir Cuenca Carrión

**Cédula:** 1150105292

**Dirección:** Cdla. Yahuarquina

**Correo Electrónico:** michael.cuenca@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991260090

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación.** Ing. Carlos Raúl Barreto Calle, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

La presente investigación la dedico de manera muy especial a mi familia que siempre ha estado presente en todo momento de mi vida, a mis padres que han sabido formar mi carácter y mi anhelo de superación, a mis hermanos, y demás personas las cuales han tenido las palabras y los consejos adecuados para mí.

*Michael Vladimir Cuenca Carrión*

## **Agradecimiento**

Al finalizar este trabajo de titulación el cual cambiará mi vida por completo, es inevitable no mostrar una inmensa gratificación a todas las personas que intervinieron en la elaboración y término del trabajo. Por ello es para mí un verdadero placer expresar mis agradecimientos a todas estas personas.

Debo agradecer de manera especial y sincera al ingeniero por aceptar, dirigir y brindar todas las herramientas y conocimientos necesarios para el desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos compartidos fueron la clave del éxito de este trabajo de titulación.

A mis padres, hermanos que siempre estuvieron pendientes y me brindaron su amor y confianza para que me sienta a gusto y me pueda desenvolver de la mejor manera. Gracias

*Michael Vladimir Cuenca Carrión*

## Índice de contenidos

<b>PORTADA.....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>AUDITORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XVI</b>
<b>SIMBOLOGÍA .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. TÍTULO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
4.1 LUMINOTECNIA.....	6
4.1.1 <i>Conceptos Generales</i> .....	6
4.1.1.1 Flujo .....	6
4.1.1.2 Rendimiento luminoso .....	7
4.1.1.3 Intensidad .....	8
4.1.1.4 Iluminancia .....	9
4.1.1.5 Luminancia .....	10
4.1.2 <i>Color y Luz</i> .....	11
4.1.2.1 Luz .....	11
4.1.2.2 Temperatura del color .....	12
4.1.2.3 Índices de reproducción .....	13
4.2 ALUMBRADO PÚBLICO .....	13
4.2.1 <i>Aspectos generales</i> .....	14
4.2.2 <i>Fuentes de luz</i> .....	14
4.2.2.1 Lámparas de vapor mercurio de alta presión .....	14

4.2.2.2	Lámparas de vapor de sodio de alta presión .....	16
4.2.2.3	Lámparas de halogenuros metálicos .....	17
4.2.2.4	Lámparas LED .....	18
4.2.3	<i>Sistema de control</i> .....	20
4.2.4	<i>Sistemas de encendido y apagado</i> .....	20
4.2.4.1	Sistema crepuscular. ....	20
4.2.4.2	Sistema de interruptor horario. ....	21
4.3	NORMATIVA DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	21
4.3.1	<i>Regulación</i> . ....	21
4.3.1.1	CONELEC .....	22
4.3.2	<i>Alumbrado público vial</i> .....	22
4.3.2.1	Clases de alumbrado. ....	22
4.3.2.2	Parámetros fotométricos para tráfico peatonal. ....	24
4.3.2.3	Niveles de iluminación. ....	25
4.3.2.4	Disposiciones de la luminaria en la vía.....	26
4.3.2.4.1	Disposición unilateral .....	26
4.3.2.4.2	Bilateral alternada .....	26
4.3.2.4.3	Bilateral opuesta con separador .....	27
4.4	MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	28
4.4.1	<i>Iluminación en un punto</i> . ....	28
4.4.2	<i>Campo de cálculo</i> . ....	29
4.4.3	<i>Puntos de cálculo</i> .....	29
4.4.3.1	En la dirección longitudinal. ....	29
4.4.3.2	En la dirección transversal. ....	30
4.4.4	<i>Cálculos en aceras y carriles para ciclorrutas</i> .....	30
4.4.5	<i>Método de los 9 puntos</i> . ....	30
4.4.6	<i>Cálculo de la uniformidad general de iluminancia en el alumbrado público</i> . ....	31
4.4.7	<i>Requisitos generales de diseño de alumbrado público</i> .....	32
4.5	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	34
4.5.1	<i>Instalación de alumbrado vial ambiental</i> .....	35
4.5.2	<i>Metodología de cálculo</i> .....	35
4.5.3	<i>Etiqueta de eficiencia energética</i> .....	37
4.6	ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED.....	38
4.6.1	<i>Elementos de una luminaria led</i> . ....	38

4.6.2	<i>Luminarias de alumbrado LED.</i>	40
4.6.3	<i>Eficiencia energética del sistema LED.</i>	41
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>42</b>
5.1	MATERIALES	42
5.2	MÉTODOS	43
5.2.1	<i>Descripción general del área de estudio</i>	43
5.2.2	<i>Evaluación el estado actual del sistema de alumbrado público</i>	43
5.2.2.1	Levantamiento de la información	44
5.2.2.2	Descripción de los componentes que integran la red de alumbrado público	44
5.2.2.3	Cálculo del consumo eléctrico	44
5.2.2.4	Evaluación de iluminación de alumbrado público	45
5.2.2.5	Clasificación de la eficiencia energética del sistema actual	46
5.2.3	<i>Propuesta de modelo para la implementación de alumbrado publico</i>	47
5.2.3.1	Selección de iluminarias	47
5.2.3.1.1	Metodología para la selección de luminarias	47
5.2.3.2	Simulación del sistema de iluminación propuesto	48
5.2.3.2.1	Levantamiento 3D en Dialux	48
5.2.4	<i>Evaluación técnico económico</i>	48
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
6.1	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL	50
6.1.1	<i>Levantamiento y evaluación general</i>	50
6.1.2	<i>Mediciones y cálculos luminotécnicos</i>	53
6.1.3	<i>Cálculo de consumo energético</i>	55
6.1.4	<i>Clasificación energética</i>	55
6.2	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	56
6.2.1	<i>Simulación del área de estudio</i>	56
6.2.2	<i>Simulación del estado actual de luminarias</i>	60
6.2.3	<i>Diseño de alumbrado publico</i>	61
6.2.3.1	Determinación de los tipos de vías existentes	61
6.2.3.2	Consideraciones generales	63
6.2.4	<i>Red de baja tensión</i>	63

6.2.4.1	Postes .....	63
6.2.4.2	Transición de aérea a subterránea .....	64
6.2.5	<i>Obra civil</i> .....	64
6.2.5.1	Banco de ductos .....	64
6.2.5.2	Zanjas .....	64
6.2.5.3	Pozos .....	65
6.2.6	<i>Selección de luminarias</i> .....	65
6.2.6.1	Iluminación vial .....	65
6.2.6.1.1	Especificaciones técnicas de la luminaria .....	67
6.2.6.1	Iluminación ornamental .....	68
6.2.6.1.1	Especificaciones técnicas .....	68
6.2.7	<i>Cálculo de caída de tensión</i> .....	69
6.2.8	<i>Simulación del sistema propuesto</i> .....	70
6.2.8.1	Simulación luminotécnica .....	70
6.2.8.1.1	Simulación zona 1 .....	71
6.2.8.1.2	Simulación zona 2 .....	72
6.2.8.1.3	Simulación zona 3 .....	73
6.2.8.1.4	Simulación zona 4 .....	75
6.2.9	<i>Validación de reemplazo de luminarias</i> .....	78
6.3	EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	80
6.3.1	<i>Costos de implementación</i> .....	80
6.3.2	<i>Costos de mantenimiento</i> .....	82
6.3.3	<i>Costos de energía</i> .....	84
6.3.4	<i>Ahorro por implementación</i> .....	85
6.3.5	<i>Evaluación de la implementación</i> .....	86
6.3.5.1	Beneficio .....	86
6.3.5.2	Eficiencia .....	87
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>88</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>90</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>91</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>92</b>

**11. ANEXOS.....95**

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Temperatura de color de diferentes lámparas. ....	12
<b>Tabla 2.</b> Índice de reproducción cromática. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Clases de alumbrado. ....	23
<b>Tabla 4.</b> Criterios para la selección del tipo de vía. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Clases de iluminación para vías peatonales. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Valores de iluminación para tráfico peatonal. ....	25
<b>Tabla 7.</b> Nivel de iluminación para vías. ....	25
<b>Tabla 8.</b> Requisitos mínimos de eficiencia energética y potencia unitaria para iluminación vial ambiental. ....	35
<b>Tabla 9.</b> Valores de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional y ambiental. ....	36
<b>Tabla 10.</b> Calificación energética de una instalación de alumbrado. ....	37
<b>Tabla 11.</b> Datos generales de la vía. ....	51
<b>Tabla 12.</b> Características del sistema de iluminación. ....	51
<b>Tabla 13.</b> Datos generales de las lámparas. ....	52
<b>Tabla 14.</b> Estado general del sistema de iluminación. ....	53
<b>Tabla 15.</b> Resultados de mediciones lumínicas. ....	53
<b>Tabla 16.</b> Cálculos de consumo energético de las luminarias. ....	55
<b>Tabla 17.</b> Calificación energética de luminarias actuales. ....	55
<b>Tabla 18.</b> Medidas de las zonas de estudio. ....	62
<b>Tabla 19.</b> Características de los pozos según su aplicación. ....	65
<b>Tabla 20.</b> Empresas y marcas principales de iluminación. ....	66
<b>Tabla 21.</b> Características principales de las luminarias seleccionadas. ....	66
<b>Tabla 22.</b> Características técnicas de la luminaria. ....	67
<b>Tabla 23.</b> Características técnicas de la luminaria. ....	68
<b>Tabla 24.</b> Valores para cálculo de caída de tensión. ....	69
<b>Tabla 25.</b> Resultados de cálculo de caída de tensión. ....	70
<b>Tabla 26.</b> Parámetros fotométricos requeridos. ....	78
<b>Tabla 27.</b> Parámetros fotométricos requeridos. ....	79
<b>Tabla 28.</b> Costo total del proyecto. ....	80
<b>Tabla 29.</b> Tiempo de vida útil estimado para cada componente. ....	82
<b>Tabla 30.</b> Plan de mantenimiento de las luminarias. ....	83
<b>Tabla 31.</b> Costos de mantenimiento. ....	84

<b>Tabla 32.</b> Costos de energía.....	84
<b>Tabla 33.</b> Comparación de ahorro por la implementación.....	85

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Representación de flujo luminoso .....	6
<b>Figura 2.</b> Diagrama energético de una lámpara .....	7
<b>Figura 3.</b> Rendimiento o eficacia luminosa para diferentes lámparas. ....	8
<b>Figura 4.</b> Intensidad luminosa.....	8
<b>Figura 5.</b> Ángulo sólido. ....	9
<b>Figura 6.</b> Definición de la unidad del lux. ....	10
<b>Figura 7.</b> Brillo indirecto de una superficie iluminada. ....	11
<b>Figura 8.</b> Rango de longitud de onda y espectro visible.....	12
<b>Figura 9.</b> Componentes de una lámpara de mercurio. ....	15
<b>Figura 10.</b> Representación de una lámpara de vapor de sodio de alta presión. ....	17
<b>Figura 11.</b> Estructura de una lámpara de halogenuros metálicos. ....	17
<b>Figura 12.</b> Componentes principales de un Led. ....	19
<b>Figura 13.</b> Célula fotoeléctrica.....	21
<b>Figura 14.</b> Interruptor horario. ....	21
<b>Figura 15.</b> Luminaria con disposición unilateral. ....	26
<b>Figura 16.</b> Luminarias bilaterales alternada.....	27
<b>Figura 17.</b> Luminarias bilaterales opuestas sin separador. ....	27
<b>Figura 18.</b> Luminarias bilaterales con separador. ....	28
<b>Figura 19.</b> Puntos de cálculo.....	29
<b>Figura 20.</b> Método de los 9 puntos. ....	31
<b>Figura 21.</b> Etiqueta energética de las instalaciones de alumbrado exterior. ....	37
<b>Figura 22.</b> Diodos led modernos.....	38
<b>Figura 23.</b> Modelo de Led empleados en luminarias.....	39
<b>Figura 24.</b> Driver para control de LED.....	39
<b>Figura 25.</b> Difusor de un foco led.....	40
<b>Figura 26.</b> Luminaria de alumbrado exterior. ....	41
<b>Figura 27.</b> Etiqueta energética en producto LED. ....	41
<b>Figura 28.</b> Entrada a la FEIRNNR.....	43
<b>Figura 29.</b> Luxómetro empleado para las mediciones. ....	45
<b>Figura 30.</b> Interfaz del programa MAYJA.....	46
<b>Figura 31.</b> Inicio del programa Dialux,.....	48
<b>Figura 32.</b> Diagrama de flujo de la metodología aplicada.....	49
<b>Figura 33.</b> Vía de la FEIRNNR. ....	50

<b>Figura 34.</b> Representación de valor de iluminancia mínima de la norma contra la medida. ...	54
<b>Figura 35.</b> Representación de valor de la uniformidad media de la norma contra la calculada. .....	54
<b>Figura 36.</b> Plano de la F.E.I.R.N.N.R .....	56
<b>Figura 37.</b> Exportación de mapa al software AutoCAD .....	57
<b>Figura 38.</b> Información de la infraestructura eléctrica del área de estudio. ....	57
<b>Figura 39.</b> Modelación del terreno en DIALux evo®.....	58
<b>Figura 40.</b> Modelación y levantamiento de la infraestructura. ....	58
<b>Figura 41.</b> Modelación de los detalles de la infraestructura. ....	59
<b>Figura 42.</b> Simulación 3D de nuestra área de estudio.....	59
<b>Figura 43.</b> Simulación del sistema actual de iluminación en la entrada a la facultad. ....	60
<b>Figura 44.</b> Simulación del sistema actual de iluminación del área de parqueaderos.....	60
<b>Figura 45.</b> Clasificación de zonas de la facultad. ....	62
<b>Figura 46.</b> Luminaria TECEO GEN2 1. ....	67
<b>Figura 47.</b> LEDEX Bolardo solar. ....	68
<b>Figura 48.</b> Disposición de iluminación de zona 1.....	71
<b>Figura 49.</b> Simulación de la entrada a la facultad con la implementación. ....	71
<b>Figura 50.</b> Resultados en líneas isolux y colores falsos.....	72
<b>Figura 51.</b> Disposición de iluminación de zona 2.....	72
<b>Figura 52.</b> Simulación 3D de la zona 2 con la implementación. ....	73
<b>Figura 53.</b> Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos de la zona 2. ....	73
<b>Figura 54.</b> Disposición de luminaria para la zona 3. ....	74
<b>Figura 55.</b> Simulación 3D con la implementación en la zona 3. ....	74
<b>Figura 56.</b> Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos en la zona 3. ....	75
<b>Figura 57.</b> Disposición de luminaria para la zona 4. ....	75
<b>Figura 58.</b> Simulación 3D con la implementación en la zona 4. ....	76
<b>Figura 59.</b> Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos de la zona 4. ....	76
<b>Figura 60.</b> Simulación del sistema de iluminación propuesto. ....	77
<b>Figura 61.</b> Simulación del sistema de iluminación propuesto. ....	77
<b>Figura 62.</b> Resultados del cálculo fotométricos de la zona 1 y 2.....	78
<b>Figura 63.</b> Resultados de cálculos fotométricos de la zona 3 y 4. ....	79
<b>Figura 64.</b> Representación gráfica de la comparación de costos de consumo energético. ....	85
<b>Figura 65.</b> Representación gráfica de la comparación de costos de mantenimiento. ....	86

## **Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Características de la red de alumbrado público .....	95
<b>Anexo 2.</b> Mediciones y datos generales del área de estudio.....	96
<b>Anexo 3.</b> Mediciones luminotécnicas.....	97
<b>Anexo 4.</b> Tablas de cálculo de la iluminancia media y uniformidad promedio. ....	99
<b>Anexo 5.</b> Evidencia fotográfica de mediciones. ....	104
<b>Anexo 6.</b> Detalles del consumo .....	105
<b>Anexo 7.</b> Proyección de costos de mantenimiento .....	105
<b>Anexo 8.</b> Curva de dimerización .....	106
<b>Anexo 9.</b> Tabla comparativa de ahorro en consumo y mantenimiento .....	106
<b>Anexo 10.</b> Cálculo de caída de voltaje. ....	107
<b>Anexo 11.</b> Plano estructural del área de estudio.....	108
<b>Anexo 12.</b> Red eléctrica existente. ....	109
<b>Anexo 13.</b> Red eléctrica proyectada. ....	110
<b>Anexo 14.</b> Recorrido de ductos y pozos. ....	111
<b>Anexo 15.</b> Transición de red aérea a subterránea.....	112
<b>Anexo 16.</b> Plano de ductos. ....	113
<b>Anexo 17.</b> Planos de pozos.....	114
<b>Anexo 18.</b> Empalmes de derivación. ....	117
<b>Anexo 19.</b> Informe DIALux evo.....	118
<b>Anexo 20.</b> Certificado de traducción.....	136

## Simbología:

<b>E</b>	Nivel de luminancia [lux]
<b>I</b>	Intensidad luminosa [Cd]
<b>L</b>	Luminancia [Cd/m <sup>2</sup> ]
<b>Ra</b>	Indice de reproducción de color
<b>Tk</b>	Temperatura de color
<b>U</b>	Uniformidad
<b>Em</b>	Iluminancia media
<b>P</b>	Potencia [W]
<b>Φ</b>	Flujo luminoso [lm]
<b>η</b>	Rendimiento luminoso [lm/w]
<b>ε</b>	Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior [m <sup>2</sup> .lux/W]
<b>εr</b>	Eficiencia energética de referencia instalación de alumbrado.
<b>ω</b>	Valor del ángulo Sólido
<b>β</b>	Angulo que forma el plano normal iluminado
<b>Em</b>	Iluminancia media en servicio de la instalación [Lux]
<b>Emin</b>	Punto de menor iluminancia entre todos los puntos calculados.
<b>Eprom</b>	Valor promedio calculado entre todos los n puntos considerados.
<b>Emax</b>	Punto de mayor iluminancia calculado entre todos los puntos considerados.
<b>fm</b>	Factor de mantenimiento
<b>fu</b>	Factor de utilización de la instalación
<b>ICE</b>	Índice de consumo energético
<b>S</b>	Separación entre dos puntos de luz consecutivos [m]
<b>H</b>	Altura de montaje de luminaria [m]
<b>N</b>	Número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal

**Wr** Es el ancho de la calzada o del área aplicable [m].

**X** Puntos de medida de iluminancia

## **1. Título**

**Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.**

## 2. Resumen

El objetivo del presente trabajo de investigación fue estudiar y evaluar las condiciones de operación de los sistemas de alumbrado público de la Facultad de Energía, Industria y Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja (FEIRNNR) el cual mediante un estudio de factibilidad para la implementación de un alumbrado más eficiente, permitirá mejorar uso de este servicio, determinando las condiciones de operación, identificar puntos de falla en estos sistemas y desarrollar recomendaciones, para reducir el consumo de energía, asegurando así un uso más eficiente de la energía y generando menores costos de facturación para una mejor iluminación.

Inicialmente se desarrolló una evaluación del sistema actual de alumbrado público instalado en el área, y a través de mediciones luminotécnicas, recoger información de las mismas, permitiendo la comprensión y funcionamiento de las lámparas de alumbrado público instaladas en la Facultad a fin de establecer su comportamiento en condiciones de máximo y mínimo consumo y eficiencia lumínica, que complementada con un proceso de evaluación e identificación de los distintos elementos que estructuran la red eléctrica, permite establecer puntos de mejora en el servicio.

Identificadas las posibles deficiencias del servicio y elementos que lo conforman, se establece algunas recomendaciones necesarias para corregir o reemplazar los elementos que causan deficiencia del servicio de alumbrado público, usando como guía las normas y regulaciones encargadas del control de este sistema y servicio, estableciendo los cambios necesarios de acuerdo a la información recogida y pruebas realizadas, planteando así la necesidad de migrar de tecnología de la fuente de iluminación en la Facultad, que permita generar políticas de gestión y un mejor manejo de la red eléctrica, estableciendo así pautas para futuros trabajos de optimización de los recursos en las diferentes facultades de la Universidad Nacional de Loja.

**Palabras Clave:** Alumbrado público, Luminotecnia, Implementación, Iluminación.

**Abstrac.**

The objective of the present investigation is based on a study and evaluation of the operating conditions of the public lighting systems at the Faculty of Energy, Industry, and Non-Renewable Natural Resources of the National University of Loja (FEIRNNR). Through a feasibility study for the implementation of more efficient lighting, it will allow for the improvement of this service, determining the operating conditions, identifying failure points in these systems, and developing recommendations to reduce energy consumption, thus ensuring a more efficient use of energy and generating lower billing costs for better illumination.

Initially, an evaluation of the current public lighting system installed in the area was developed, and through light measurements, information was gathered to understand the operation of the public lighting lamps installed in the faculty in order to establish their behavior under conditions of maximum and minimum consumption and luminous efficiency. This, complemented by an evaluation process and identification of the different elements that structure the electrical grid, allows for the establishment of improvement points in the service.

Once the possible deficiencies of the service and its components have been identified, some necessary recommendations are established to correct or replace the elements that cause deficiencies in the public lighting service, using as a guide the standards and regulations responsible for controlling this system and service; necessary changes are established according to the collected information and tests performed, thus proposing the need to migrate to lighting source technology in the Faculty, allowing the generation of management policies and better management of the electrical grid, thereby establishing guidelines for future resource optimization investigations in the different faculties of the National University of Loja.

**Key words:** Public lighting, lighting engineering, implementation, lighting.

### **3. Introducción**

El Sistema de Alumbrado Público General-SAPG es un servicio público el cual consiste de proveer de iluminación a calles, carreteras, parques y demás espacios de libre circulación, a fin de proporcionar a los usuarios visibilidad e iluminación adecuada para el desarrollo de las actividades, generalmente la mayoría de los alumbrados públicos suelen ser de lámparas de vapor de sodio, vapor de mercurio y led.

Actualmente este servicio experimenta grandes y novedosos desafíos asociados a su operación. El crecimiento poblacional demanda la necesidad de expandir este servicio a sus usuarios, aumentando con ello la implementación de nuevas luminarias para el servicio de iluminación produciendo un aumento en gastos de operación y elevados consumos energéticos siendo unos de los problemas más importantes a ser solucionados.

Solo en Ecuador en base a los datos publicados por el (MEER, 2020), el consumo de energía facturada por el SAPG es de 1 442,71 GWh lo que representa el 7.18% respecto del total de consumo de energía eléctrica, además, se ha determinado un crecimiento anual promedio de 4.4%, alcanzando 1 927 GWh para el año 2027. Simbolizando costos elevados de consumo de energía, alcanzando hasta el 2020 un valor de 137.47 millones de dólares americanos. Esto refleja un notable y acelerado crecimiento en el SAPG debido al crecimiento poblacional y la necesidad de un mejor y eficiente servicio de iluminación.

El SAPG cuenta en su mayoría con luminarias de vapor de sodio y mercurio, siendo muy escasas luminarias con tecnología LED, además de esto no existe una correcta implementación de control para una mejor optimización del servicio.

Solo en la ciudad de Loja el consumo por el SAPG en el 2020 fue de 288.86 GWh reflejando un notable crecimiento de la población y su necesidad de iluminación por ser uno de los servicios más importantes para la seguridad y movilidad para personas y vehículos.

Actualmente los sistemas eléctricos han experimentado grandes cambios con el fin de un mejor control y operación de estos sistemas eléctricos, a través de la integración de

tecnologías capaces de otorgar a los sistemas convencionales nuevas funcionalidades de operación, supervisión, gestión y optimización de la distribución de la energía eléctrica, minimizando fallas, regulando la oferta y demanda de energía y sobre todo una automatización para un mejor rendimiento del sistema.

De este modo el control de los sistemas de iluminación permite obtener un considerable ahorro energético y económico, minimizando de igual manera el impacto ambiental que producen estos sistemas, consolidando un sistema sostenible para la sociedad.

Debido al excesivo consumo energético que representa el SAPG por su uso continuo y su deficiencia lumínica por su antigüedad, es importante una evaluación y control del SAPG a fin de permitir un ahorro energético y económico, además de crear ambientes más seguros y confortables, garantizando la iluminación necesaria para el desarrollo normal de las actividades cotidianas, todo esto bajo la norma técnica vigente en el país.

En base a lo expuesto anteriormente, se ha planteado los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la factibilidad financiera y técnica de la implementación de alumbrado público con tecnología led para la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el sistema actual de alumbrado público general en la FEIRNNR.
- Proponer un modelo para la implementación del alumbrado público empleando tecnologías que cumplan con la regulación vigente en el país.

- Evaluar la factibilidad financiera y técnica de la implementación.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Luminotecnia

La luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producir la luz, así como los diferentes niveles adecuados de iluminación, mediante el control y de acuerdo a sus aplicaciones, en otros términos, es el arte de la iluminación a través del uso de luz artificial para fines específicos (León, 2007).

#### 4.1.1 Conceptos Generales

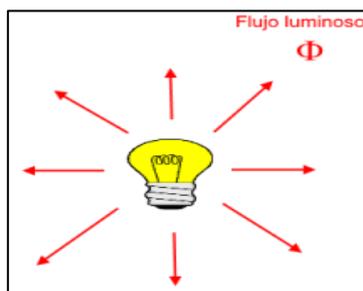
Antes de iniciar con un estudio o proyecto de iluminación, se debe entender algunos conceptos básicos que caracterizan la luz como fenómeno.

##### 4.1.1.1 Flujo

En todo elemento que se haya creado con el fin de iluminar, se obtiene energía luminosa a partir de la transformación de otra clase de energía. La energía radiante emitida por un manantial luminoso en la unidad de tiempo se conoce como potencia radiante o flujo radiante, y el flujo luminoso a la parte del flujo radiante que produce sensación luminosa en el ojo.

Por lo tanto, se define el flujo luminoso como la energía luminosa radiante emitida por una fuente de luz en todas las direcciones del espacio por unidad de tiempo, también se le conoce al flujo luminoso como potencia luminosa tal y como se aprecia en la **Figura 1**.

Se debe tener en cuenta que el flujo de una de un manantial de luz no se distribuye de igual forma en todas sus direcciones del espacio, si no que dependerá de la disposición y de dispositivo empleado para la iluminación (Ramírez Vázquez, 1977).



**Figura 1.** Representación de flujo luminoso

**Fuente:** (Luminotecnia, 2017)

Para Monroy (2006), el flujo luminoso se calcula mediante la siguiente **Ecuación 1**:

$$\Phi = P \cdot \eta \quad (1)$$

Donde:

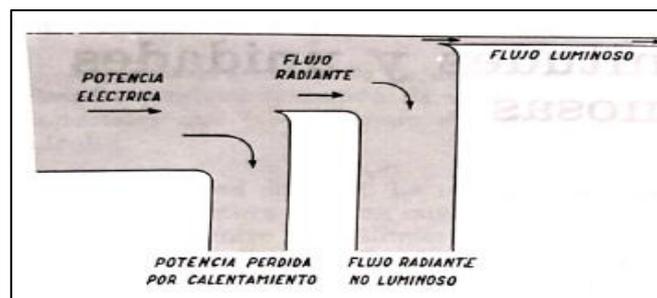
$\Phi$ : Flujo luminoso o lumen (lm).

P: Potencia de la lámpara (W).

$\eta$ : Rendimiento luminoso ( $\text{lm}/\text{W}$ ).

#### 4.1.1.2 Rendimiento luminoso

Para Marrufo González y Castillo Pedrosa (2010), “se define como rendimiento luminoso al flujo que emite una fuente luminosa (una lámpara) en el caso que nos ocupa por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención”, no toda la energía eléctrica consumida por la lámpara se transforma en luz visible al momento de encender, una parte de ella se convierte en calor y en radiación no visible (considerados como pérdidas) tal y como se aprecia en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Diagrama energético de una lámpara

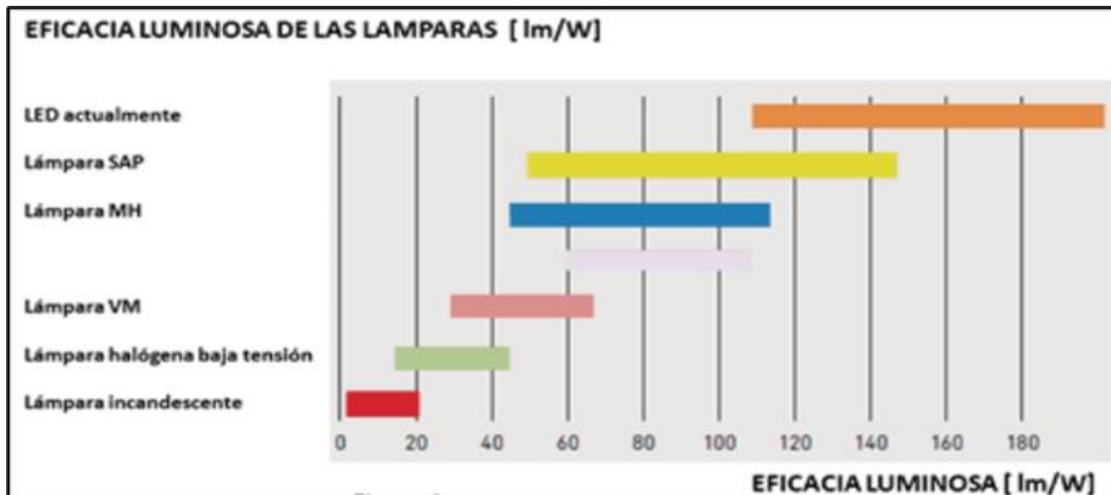
**Fuente:** (Ramírez Vázquez, 1977)

El rendimiento luminoso está expresado mediante la **Ecuación 2**:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (2)$$

Hipotéticamente, el valor máximo de rendimiento en una lámpara sería que la energía que ingresa se transformara completamente en luz visible (no existiera pérdidas), para este caso su longitud de onda estaría en los 555 nm y su valor sería de 680 lm/W.

En la **Figura 3** se muestra el rendimiento luminoso para diferentes tipos de lámpara existentes en el mercado.



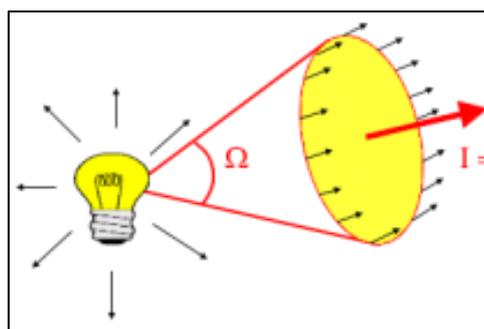
**Figura 3.** Rendimiento o eficacia luminosa para diferentes lámparas.

**Fuente:** (Iluminación Eficiente Profesional, 2018).

#### 4.1.1.3 Intensidad

Para Marrufo González y Castillo Pedrosa (2010), “La intensidad luminosa es la cantidad de luz emitida o radiada por una fuente luminosa durante un segundo, en una dirección dada y para un ángulo sólido de valor un estereorradián (Sr)” (p.128).

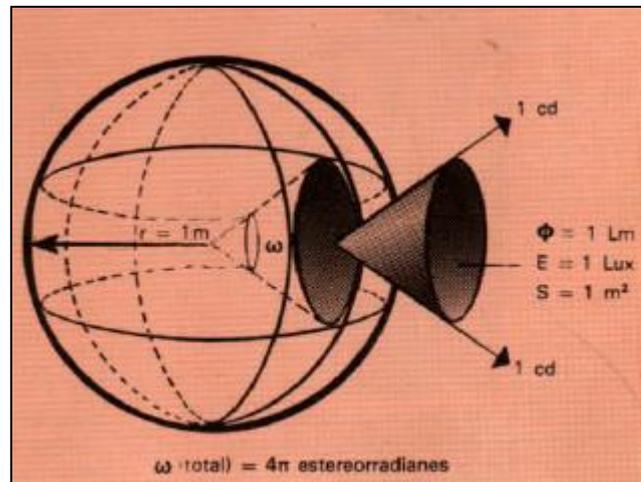
En la **Figura 4** se puede apreciar una representación de la intensidad luminosa.



**Figura 4.** Intensidad luminosa.

**Fuente:** (Luminotecnia, 2017).

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



**Figura 5.** Ángulo sólido.

**Fuente:** (Taboada, 1979).

La intensidad luminosa de una fuente de luz se determina a partir de la **Ecuación 3**

$$I = \Phi/w \quad (3)$$

Donde:

I: Intensidad luminosa en la dirección considerada (Cd).

w: Valor del ángulo sólido (Sr).

#### 4.1.1.4 Iluminancia

La iluminancia se define como la cantidad de luz o un índice representativo del flujo luminoso que recibe una superficie, es una magnitud característica del objeto iluminado, de esta forma se tiene que existe una relación entre el flujo luminosos que incide sobre una superficie y el tamaño de esa superficie. **Figura 6.**

Su unidad es el lux y equivale a la iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> cuando sobre ella incide un flujo luminoso de 1 lumen de manera uniforme (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

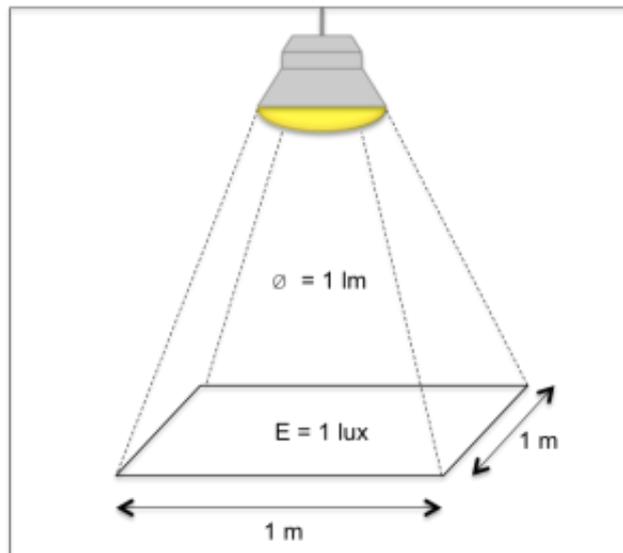
La iluminancia está dada por la siguiente **Ecuación 4**:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (4)$$

Donde:

E: Nivel medio de iluminación (lx).

S: Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>)



**Figura 6.** Definición de la unidad del lux.

**Fuente:** (Luminotecnia, 2017).

#### 4.1.1.5 Luminancia

También conocida como brillo y densidad luminosa, que viene a ser la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria sobre el objeto, dicho en otras palabras, sería la luz o sensación de iluminación que percibiría nuestros ojos sobre dicho objeto como medida, a mayor luminancia mayor claridad tendrá el elemento observado (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

Su unidad es la candela /m<sup>2</sup> (Cd/m<sup>2</sup>) y un submúltiplo, la candela (Cd/cm<sup>2</sup>), y está dada por la **Ecuación 5**:

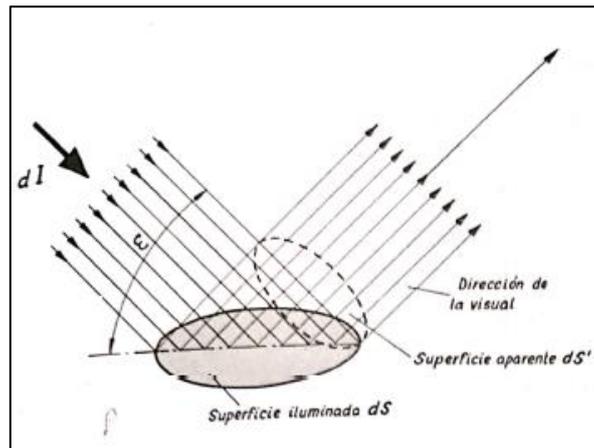
$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\beta} \quad (5)$$

Donde:

L: Luminancia ( $\text{Cd}/\text{m}^2$ ).

$\beta$ : Ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador.

A continuación, en la **Figura 7** se representa el efecto conocido como luminancia.



**Figura 7.** Brillo indirecto de una superficie iluminada.

**Fuente:** (Ramírez Vázquez, 1977).

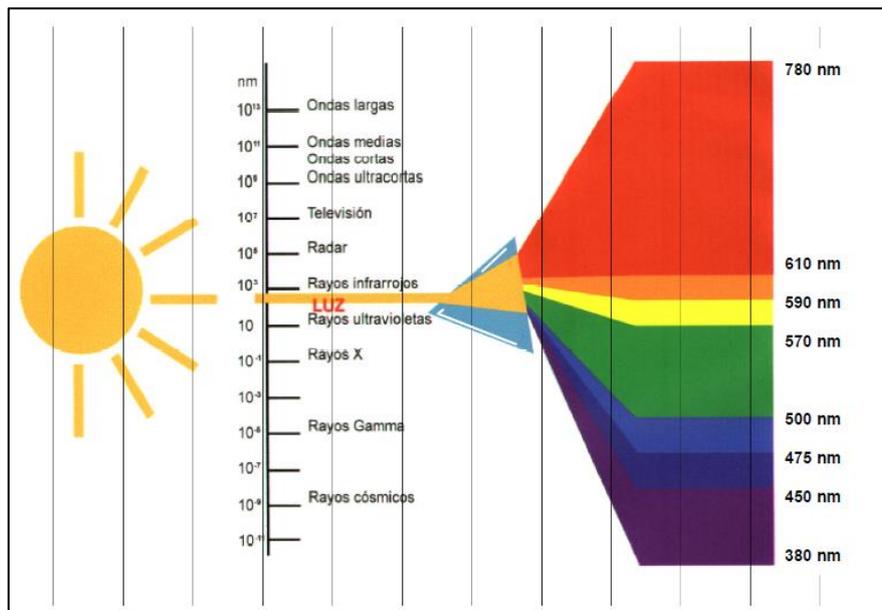
#### 4.1.2 Color y Luz

La luz es una manifestación de energía en forma de radiación electromagnética, visible por el ojo humano, el mismo que puede distinguir diferentes longitudes de ondas las cuales se interpreta como el color de luz, los colores violeta-azul corresponde a las longitudes cortas (cerca de  $0.4 \mu\text{m}$ ) y los colores naranja-roja a las longitudes más largas (cerca de  $0.7 \mu\text{m}$ ) del espectro visible (Monroy, 2006).

##### 4.1.2.1 Luz

La luz está conformada por diversas longitudes de ondas y se conoce como Espectro, un ejemplo claro es hacer pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, lo cual descompone la luz en diferentes colores como, rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferentes longitudes de ondas que forma la luz.

De esta forma se ha planteado el espectro visible que es la porción del espectro electromagnético observable por el ojo humano, como se representa en la **Figura 8**.



**Figura 8.** Rango de longitud de onda y espectro visible.

**Fuente:** (Laszlo, s.f.).

#### 4.1.2.2 Temperatura del color

La temperatura de color de una fuente de luz indica el color con respecto a un cuerpo negro calentado a esa misma temperatura, ciertas lámparas tienen una temperatura de color de 3300 °K que dan una apariencia de color cálido, mientras que por encima de 5000 °K producen una sensación de luz fría (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

A continuación, en la **Tabla 1** se indica la temperatura de color para diferentes lámparas.

**Tabla 1.** Temperatura de color de diferentes lámparas.

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>K</b>
Incandescentes	2100 a 3200
Fluorescente de luz de día	6000
Fluorescente de blanco cálido	3000
Mercurio a alta presión	3500
Luz mezcla	3600
Sodio a baja presión	1800

Sodio a alta presión	2000
Halogenuros metálicos	3000 a 6000
Cielo azul	10000 a 30000

**Fuente:** (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

#### 4.1.2.3 Índices de reproducción

Es la capacidad que presenta una fuente luminosa de permitir una buena apreciación de los colores sobre el objeto iluminado. Se representa por Ra.

El espectro cromático que presenten los cuerpos iluminados con la misma en comparación con el que presenta bajo una luz de referencia, se realiza referente a un cuerpo negro, que tiene una radiación completa en torno al espectro visible, al que se asignado un valor máximo de 100 considerado un excelente valor en el índice de reproducción cromática (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

A continuación, en la **Tabla 2** se indica el índice de reproducción cromático lo cual indicara la calidad de la fuente luminosa.

**Tabla 2.** Índice de reproducción cromática.

Grado	Índice (Ra)	Nivel de reproducción
1A	90 a 100	Excelente
1B	80 a 89	Muy bueno
2A	70 a 79	Bueno
2B	60 a 69	Moderado
3	40 a 59	Regular
A	Inferior a 40	Bajo

**Fuente:** (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

## 4.2 Alumbrado público

El alumbrado brinda uno de los servicios más fundamentales para el desarrollo de la población, ya que con su implementación permite el desarrollo en varios aspectos como son: económicos, sociales y culturales además de brindar seguridad a los habitantes.

### **4.2.1 Aspectos generales**

El sistema de alumbrado público está compuesto por varios elementos como es su sistema de control, sistema de iluminación, protección entre otros.

Según Marrufo González y Castillo Pedrosa (2010), algunos elementos de alumbrado público se presentan a continuación:

- Lámpara: Convierte la energía eléctrica en energía lumínica, encargada de brindar la iluminación necesaria.
- Cebador: Elemento ubicado en paralelo a una lámpara y proporciona las condiciones adecuadas para encender.
- Fococelda: Elemento empleado en lámparas para el control de encendido y apagado, la misma que está en función de la luminosidad del entorno.
- Balasto: Este elemento tiene la finalidad de suministrar una tensión superior a la de la red para encender y limitar la corriente.
- Fusible: Protección eléctrica para sobre voltajes o cortocircuitos.

### **4.2.2 Fuentes de luz**

#### **4.2.2.1 Lámparas de vapor mercurio de alta presión**

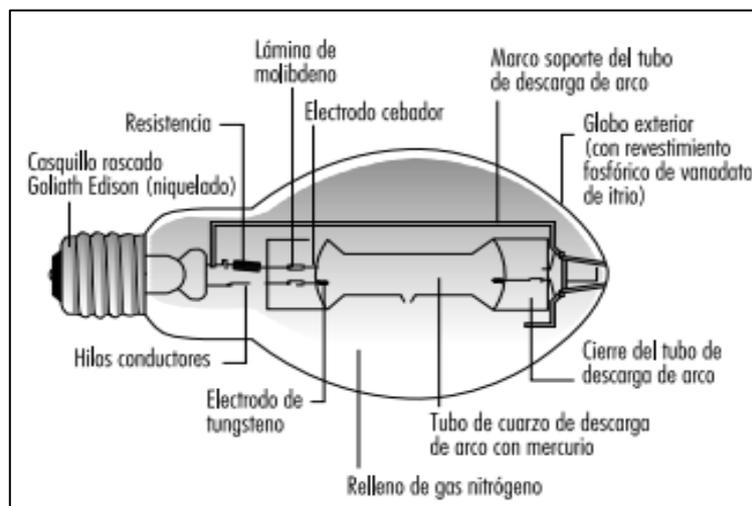
Este tipo de lámparas utilizan directamente la luminiscencia producida por la descarga eléctrica de acuerdo al gas y el vapor metálico, este tipo de lámpara cuenta con dos electrodos uno principal y el otro auxiliar el cual permite el arranque.

Su funcionamiento inicia al ser alimentado mediante un voltaje de red de 120v o 220 v, pero su encendido no es instantáneo debido a que este voltaje se encuentra aplicado entre el electrodo auxiliar y principal, lo cual produce que exista un voltaje entre ellos de 20 v, produciendo una primera descarga (descarga principal) y permite que el gas en su interior se ionice, en las condiciones antes de ser ionizado, el mercurio en su interior se encuentra a temperatura ambiente y a una presión de 0.001 mm de columna de mercurio, pero debido a la descarga principal se calienta el mercurio y se volatiliza gradualmente provocando el aumento

de la presión en el interior del tubo y el aumento de la tensión en los bornes de la lámpara, una vez alcanzada una cierta temperatura el valor de tensión en los bornes será iguala a la suministrada por la red. La corriente al momento de encender la lampara superará de 1.5 a 2 veces la corriente nominal y disminuyera hasta estabilizarse.

El tiempo de puesta en régimen varía de 2 a 4 minutos y esto dependerá de las características de la lámpara (potencia, alimentación, etc.), una vez apagada la lámpara la presión en el interior oscila entre 1000 a 10000mm de columna de mercurio, por lo tanto, no se podrá encender nuevamente hasta que haya pasado el tiempo de puesta en régimen (Ramírez Vázquez, 1977).

A continuación, en la **Figura 9** se muestra los principales componentes de una lampara de mercurio.



**Figura 9.** Componentes de una lámpara de mercurio.

**Fuente:** (Guasch Farrás, 1998)

Para Marrufo González y Castillo Pedrosa (2010) este tipo de lámpara presenta las siguientes ventajas y desventajas.

**Ventaja:**

- Su rendimiento lumino se encuentra entre 40 y 65 lum/W.
- La temperatura de color oscila entre los 3300 y 6000 °K.

- La vida media de estas lámparas está entre 12000 y 24000 h.
- Normalmente tienden a dar una luz blanca.
- Su durabilidad es 4 veces mayor a una lámpara incandescente.

**Desventaja:**

- Su rendimiento cromático es bajo.
- Requieren de elementos auxiliares para su encendido.
- Su encendido no es inmediato.
- Normalmente, esta lámpara se aplica en zona peatonales y residenciales, edificaciones públicas y comerciales, gasolineras, alumbrado industrial, etc.

**4.2.2.2 Lámparas de vapor de sodio de alta presión**

Estas lámparas poseen una pequeña cantidad de mercurio que, al reaccionar con el sodio vaporizado a alta presión, emite una luz de color blanco dorado.

Para el encendido de estas lámparas es preciso aplicar altas tensiones de choque del orden de 3 a 5 KV, de esta forma el gas de arranque se ioniza y a medida que se va calentando, la vaporización del sodio empieza a cambiar el color, después de 10 min la lámpara alcanza un 80% de sus valores nominales y de su luz, obteniendo un color amarillo la cual es el color característico de estas lámparas (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010).

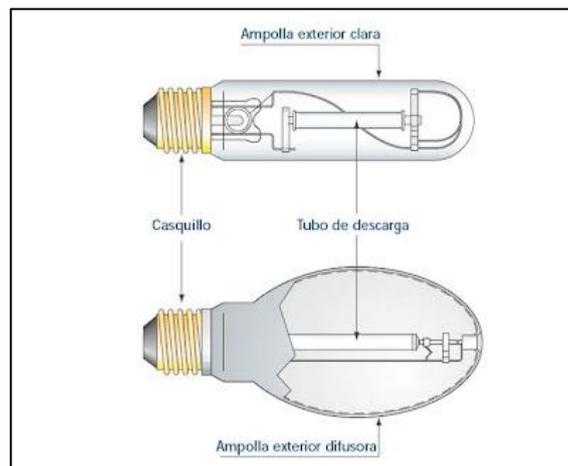
**Ventajas:**

- Su rendimiento se encuentra entre 80 y 150 Lm/W.
- La temperatura de color es de 2100 °K.
- La vida media de estas lámparas es de 23000 h.
- Normalmente tienden a dar una luz amarillo.

**Desventajas:**

- Normalmente, esta lámpara se aplica en zona urbanas, alumbrado exterior, de proyección decorativo en farolas y báculos, alumbrado industrial, etc.

En la **Figura 10**, se ilustra una representación de una lámpara de sodio a alta presión.



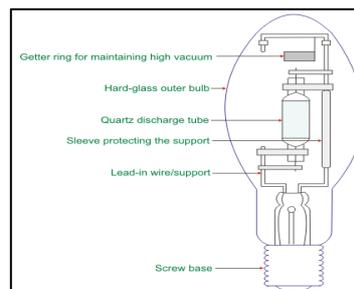
**Figura 10.** Representación de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.

**Fuente:** (Rodríguez, s.f.)

#### 4.2.2.3 Lámparas de halogenuros metálicos

También llamados haluros metálicos, de aditivos metálicos o de mercurio halogenado, su diferencia con las lámparas de vapor de mercurio es debido a que en su interior incorporan yoduros o bromuros de diferentes metales

Su principio de funcionamiento es parecido a la lámpara de vapor de mercurio, su encendido o el tiempo de arranque oscila entre los 3 y 8 min, mientras que el tiempo para su enfriamiento es de 5 min, algunos modelos permiten el reencendido inmediato aun con la lámpara en caliente, según el tipo de fabricante se emplea tensiones de choque del orden de 35 a 60Kv (Marrufo González y Castillo Pedrosa, 2010). En la **Figura 11**, se puede apreciar la estructura de estas lámparas.



**Figura 11.** Estructura de una lámpara de halogenuros metálicos.

**Fuente:** (RiverGlennapts, s.f.)

Alguna ventajas e inconvenientes que presentan estos modelos de lámpara se exponen a continuación:

**Ventajas:**

- Posee un alto rendimiento y puede alcanzar valores de 95 Lm/W.
- Temperatura de color entre 3000 y 6000 °K.
- Excelente reproducción cromática.
- Se puede obtener tonos de color blanco de luz de día, blanco neutro y blanco cálido.

**Desventajas:**

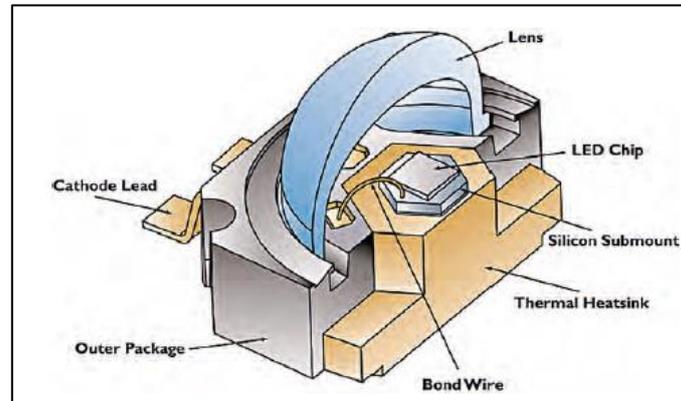
- Requiere un equipo auxiliar de encendido llamado arrancador.
- Para su encendido requiere altas tensiones de choque que oscila entre los 2.8 a 60KV (depende del modelo de lámpara).
- Su encendido no es inmediato con tiempo de espera de 3 a 5 min.
- Esta lámpara tiene una amplia aplicación, ya que se pueden usar en interiores y exteriores como, escenarios cinematográficos, estudios, campos deportivos, edificios públicos.

**4.2.2.4 Lámparas LED**

En los últimos años el uso de la tecnología led ha incrementado debido a su alto rendimiento y eficiencia energética, lo cual ha provocado que el sector público opté por el uso de estas lámparas, la diferencia de las luminarias led con respecto a otras luminarias son su vida útil y potencia de consumo sumamente bajo.

Un led al ser atravesado por una corriente eléctrica se produce un efecto llamado electroluminiscencia, debido que es un semiconductor el cual está unido a dos terminales (cátodo y ánodo), no posee gas inerte que lo rodee, ni capsula de vidrio

La iluminación LED es una tecnología moderna, actualmente se fabrica con aspectos muy similares a las lámparas tradicionales, con el fin de conectar de manera directa a la red mediante casquillos E14, E27 Y GU10, por otro lado, existe modelos que sustituyen los tubos fluorescentes y lámparas de alumbrado público.



**Figura 12.** Componentes principales de un Led.

**Fuente:** (Anfalum, 2015)

Algunas ventajas y desventajas que presentan estas lámparas son:

**Ventajas:**

- Tamaño reducido.
- Alta resistencia a vibraciones e impacto.
- Larga vida útil.
- Bajo consumo de energía.
- Sin emisión de UV/IR y posibilidad de regulación luminosa.

**Desventajas:**

- Precio elevado con respecto a las bombillas tradicionales.
- Las lámparas de bajo coste pierden su intensidad de luz y calidad con relativa rapidez.
- Propensas a dañarse muy rápido al aumentar su temperatura.
- Requieren de grandes superficies para disipar su calor.

### **4.2.3 Sistema de control**

El control de iluminación de alumbrado público se realiza mediante el proceso de encendido y apagado de las luces con el fin de tener un consumo energético bajo, para ello existe distintos sistemas de control que se pueden emplear.

Actualmente con el avance tecnológico la innovación en el campo del alumbrado público ha permitido un ahorro tanto energético como económico, en la cuales los sistemas inteligentes son instalados en sus propias lámparas o mediante sistemas de control avanzados. La aplicación de estos sistemas permite reducir considerablemente el consumo de energía en el alumbrado público.

### **4.2.4 Sistemas de encendido y apagado**

El funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público está determinado por el encendido y apagado del mismo, así como por la reducción de luminosidad. Este proceso de control se debe realizar de manera adecuada, el cual no debe adelantar el encendido y tampoco retrasar el apagado.

Para Marrufo González y Castillo Pedrosa (2010), el encendido y apagado se encuentra controlado por los sistemas crepuscular o sistema horario (astronómico).

#### **4.2.4.1 Sistema crepuscular.**

Es un dispositivo eléctrico que se encarga del control del alumbrado, actúa de acuerdo a la luminosidad ambiental. Dispone de una resistencia variable con la luz (LDR) el cual toma la luminosidad del ambiente y lo compara con un valor que se encuentra establecido de acuerdo a dicho valor este abre o cierra los contactos de un relé que se encuentra incorporado en su interior permitiendo el encendido y apagado

**Figura 13.** A demás posee un sistema de retardo para que el umbral de conexión y desconexión no se realice de manera instantánea ya sea por el efecto de una luz fugaz o el resplandor del faro de un coche.



**Figura 13.** Célula fotoeléctrica.

**Fuente:** (Eficienergética, 2023)

#### 4.2.4.2 Sistema de interruptor horario.

Es un dispositivo eléctrico diseñado para activar o desactivar una instalación eléctrica de acuerdo al horario programado. Incorpora un reloj digital el cual acciona uno o varios contactos eléctricos, estos dispositivos poseen una avanzada tecnología que permite multitud de funciones, con absoluta precisión.

Los cambios realizados se almacenan en la memoria interna **Figura 14.**



**Figura 14.** Interruptor horario.

**Fuente:** (Eficienergética, 2023)

### 4.3 Normativa de alumbrado público

#### 4.3.1 Regulación.

El objetivo fundamental que tiene el alumbrado público, es proporcionar una visibilidad adecuada durante el desarrollo de las actividades para lo cual se establece los parámetros

mínimos que debe cumplir el alumbrado con el fin de prestar el servicio de alumbrado con calidad, eficiencia y precio justo.

#### **4.3.1.1 CONELEC**

Le corresponde al CONELEC:

- Emitir la(s) regulación(es) necesaria(s) de acuerdo con la política energética nacional para la prestación del SAPG por parte de las Distribuidoras dentro de sus áreas de servicio.
- Determinar los costos requeridos por las Empresas Eléctricas para la prestación del SAPG.
- Supervisar y controlar que las Distribuidoras cumplan con los parámetros e índices establecidos en la normativa respecto a:
  - Especificaciones de calidad y continuidad del alumbrado público general (APG)
  - Cálculo del consumo de energía y aplicación tarifaria.

#### **4.3.2 Alumbrado público vial.**

Para el diseño del sistema de iluminación vial se debe tener en cuenta varios factores los cuales son, el tipo de vía, el sistema de control de tráfico, la separación entre carriles y la densidad de tráfico. Con estos datos conocidos se utilizará para proporcionar una vía con una superficie de calzada adecuadamente iluminada para todos los que circulen con el fin de recrear una iluminación similar a la luz del día.

##### **4.3.2.1 Clases de alumbrado.**

La clase de alumbrado se clasifica de M1 a M5, lo cual las recomendaciones dadas en la publicación CIE 115-1995 establecen cinco tipos de iluminación, su selección dependerá de la función de la vía, densidad de tráfico, complejidad, separación entre carriles y existencia de medios para el control del tránsito (semáforos, señalización). Tal y como se muestra en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Clases de alumbrado.

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

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

Por otra parte, en la **Tabla 4**, se tiene algunos criterios admitidos para la selección del tipo de vía de acuerdo a la regulación CONELEC 008/2011.

**Tabla 4.** Criterios para la selección del tipo de vía.

Tipo de vía	Velocidad de circulación		Tránsito de vehículos	
		(Km/h)		(Vehículos/h)
M1	Muy importante	$V > 80$	Muy importante	$T > 100$
M2	Importante	$60 < V < 80$	Importante	$500 < T < 1000$

M3	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
M4	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
M5	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	$T < 100$

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

#### 4.3.2.2 Parámetros fotométricos para tráfico peatonal.

El diseño de iluminación para el tráfico peatonal difiere de los de un conductor en diferentes aspectos como, por ejemplo: velocidad a la que se desplaza, los objetos que se encuentran cerca de los individuos, estos a su vez son de suma importancia que se visualicen desde lejos. Tomando en cuenta estos aspectos, en la **Tabla 5** se clasifican conceptos que permitirán realizar un buen diseño:

**Tabla 5.** Clases de iluminación para vías peatonales.

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

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

A continuación, en la **Tabla 6** se presenta el valor promedio y mínimo de iluminación horizontal.

**Tabla 6.** Valores de iluminación para tráfico peatonal.

Clase de Alumbrado	Iluminación Horizontal (lx)	
	En completo uso de la superficie mantenida.	
	Promedio	Mínimo
P1	20	7.5
P2	10	3
P3	7.5	1.5
P4	5	1
P5	3	0.6
P6	1.5	0.2
P7	No aplicable	No aplicable

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

#### 4.3.2.3 Niveles de iluminación.

En la se presenta los siguientes valores de iluminación para diferentes configuraciones viales los cuales posee valores máximos y mínimos para un correcto diseño, por otro lado, indica el valor de uniformidad media de acuerdo a la norma. Tal como se puede evidenciar en la **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Nivel de iluminación para vías.

Tipo de vía o aérea	Nivel mínimo medio (lux)	Coefficiente de uniformidad Media.
M1	30	0.4
M2	25	0.4
M3	20	0.4
M4	15	0.4
M5	8	0.4

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

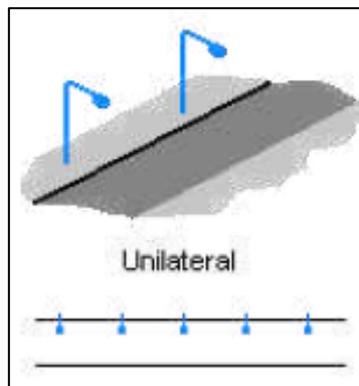
#### 4.3.2.4 Disposiciones de la luminaria en la vía

Con el fin de aprovechar la mayor iluminación posible sobre las vías o dependiendo del lugar, el diseño se deberá adaptar de acuerdo a las normas establecidas en función a las disposiciones de los modelos establecidos para que cumplan con los requisitos fotométricos.

Para Ministerio de Minas y Energía (2010), se presenta algunos modelos empleados en alumbrado público.

##### 4.3.2.4.1 *Disposición unilateral*

En este modelo se emplea una disposición donde todas las luminarias se encuentran ubicadas a un solo lado de la vía **Figura 15**, este diseño debe cumplir con todos los requisitos fotométricos exigidos para la altura de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica.

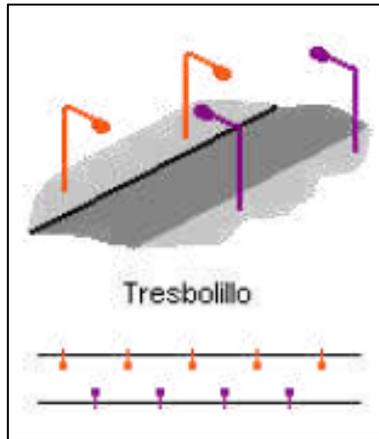


**Figura 15.** Luminaria con disposición unilateral.

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

##### 4.3.2.4.2 *Bilateral alternada*

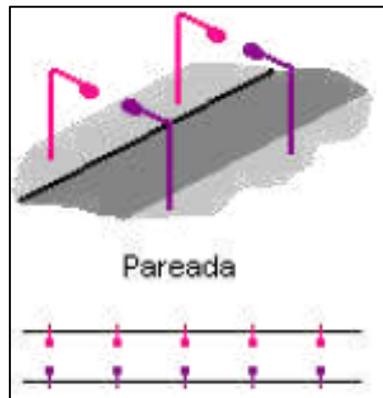
Esta configuración se emplea cuando la vía presenta un ancho  $W$  superior a la altura de montaje  $h_m$  de las luminarias ( $1.0 < (W/h_m) < 1.50$ ), para lo cual se recomienda utilizar luminarias tipo II de IESNA ó de dispersión media en el modelo de la CIE. Este sistema también es conveniente emplear en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, con la finalidad de iluminar aceras y fachadas de edificaciones con el propósito de generar un ambiente luminoso y agradable.



**Figura 16.** Luminarias bilaterales alternada.

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

Otra disposición empleada es la bilateral opuesta sin separador.



**Figura 17.** Luminarias bilaterales opuestas sin separador.

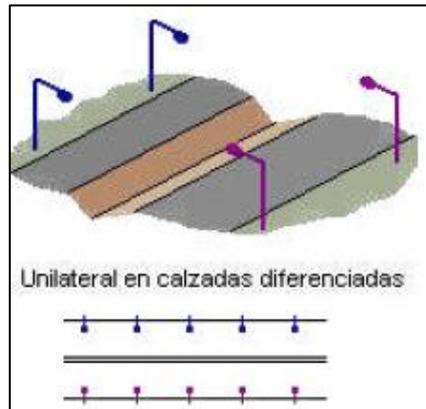
**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

#### 4.3.2.4.3 *Bilateral opuesta con separador*

Este modelo de ubicación de lámpara para alumbrado público se emplea cuando la vía presenta un ancho  $W$  muy superior a la altura de montaje  $hm$  de las luminarias ( $1.25 < (W/hm) < 1.75$ ), se recomienda utilizar luminarias tipo III de la IESA ó de dispersión ancha en el modelo de la CIE, aunque se puede emplear otro tipo de lámparas siempre y cuando se ajuste a los requisitos fotométricos exigidos y el diseño sea el más económico.

En este caso, la luminaria consta de dos filas una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con respecto a la otra del lado opuesto de la vía, esta disposición sobre

vía principales es comúnmente usada si se requiere solamente iluminación de doble propósito, la vehicular y peatonal.



**Figura 18.** Luminarias bilaterales con separador.

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., 2012)

#### 4.4 Mediciones luminotécnicas de alumbrado público.

##### 4.4.1 Iluminación en un punto.

Para iniciar con el estudio es necesario partir por el análisis de iluminación de una luminaria en un punto lo cual permite obtener un valor de iluminancia horizontal en dicho punto, por otro lado, hay que considerar que si hay más fuentes aportando luz al punto de cálculo es necesario considerar cada aporte por separado y luego sumarlos.

Por lo tanto, la iluminancia horizontal es un punto en la calzada está dada por la siguiente **Ecuación 6**:

$$E = \sum_{i=1}^n I \cdot \frac{\gamma \cdot \cos^3}{h_m^2} \quad (6)$$

Donde:

I: Intensidad luminosa.

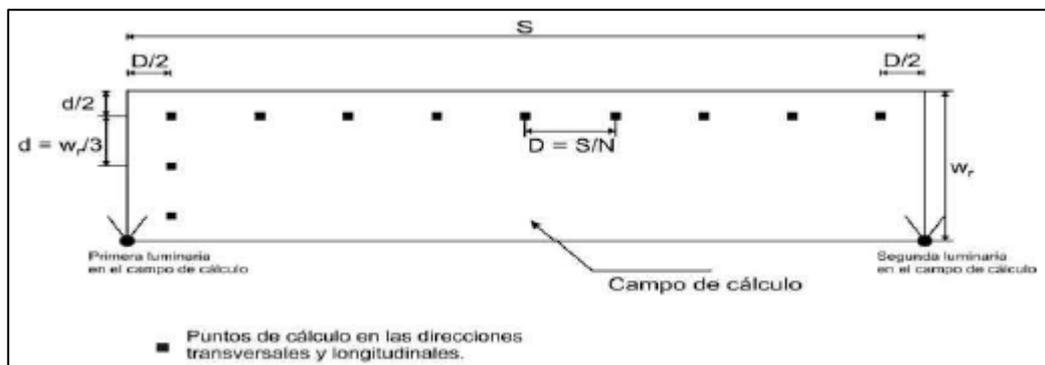
$\gamma$ : Ángulo vertical sobre el plano considerado.

$h_m$ : Altura de montaje de la luminaria.

n: Número de luminarias.

#### 4.4.2 Campo de cálculo.

El campo de cálculo deberá ser típico del área de la calzada que le interesa al conductor y a su vez al peatón, en los cuales se puede considera las acera, los carriles de ciclo rutas y las zonas peatonales, además el borde de la calzada es considera como el área límite (incluidas ciclorrutas y zonas peatonales, si es aplicable) y por las líneas transversales a través de dos luminarias consecutivas.



**Figura 19.** Puntos de cálculo.

**Fuente:** (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

#### 4.4.3 Puntos de cálculo.

Estos puntos se deben ubicar de manera uniforme y la cantidad se debe encoger mediante los siguientes criterios:

##### 4.4.3.1 En la dirección longitudinal.

De esta manera, para determinar el espacio entre puntos en la dirección longitudinal se aplica la **Ecuación 7**:

$$E = \frac{S}{N} \quad (7)$$

Donde:

D: Es el espacio entre puntos en la dirección longitudinal (m).

S: Es el espacio entre luminarias (m).

N: Es el número de puntos de cálculo en la dirección longitudinal, de tal manera que si  $S \leq 30$  m,  $N=10$  caso contrario si  $S > 30$  m,  $D \leq 3$  m.

Por otro lado, considerar la primera fila transversal de puntos de cálculo se espacia una distancia  $d/2$  más allá de la primera luminaria (m).

#### **4.4.3.2 En la dirección transversal.**

Para determinar el espacio entre puntos en la dirección transversal se aplica la siguiente

**Ecuación 8:**

$$d = \frac{W_r}{3} \quad (8)$$

Donde:

$d$ : Es el espacio entre puntos en la dirección transversal (m).

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

Los puntos de cálculo exteriores están separados  $d/2$  desde el filo del carril.

#### **4.4.4 Cálculos en aceras y carriles para ciclorrutas.**

Para determinar los puntos de cálculos en aceras y carriles estos se deben espaciar de manera uniforme y se deberá escoger en dirección longitudinal siempre y cuando las aceras o los carriles sean de la misma iluminación de la calzada, de esta forma se puede considerarse conjuntamente con la calzada para determinar el espaciado de los puntos de cálculos.

De no ser así se determina mediante la dirección transversal la misma que está dada por la siguiente **Ecuación 9:**

$$d_f = \frac{W_f}{n} \quad (9)$$

Donde:

$d_f$ : Es el espacio entre puntos de la dirección transversal (m).

$W_f$ : Es el ancho de la acera o del carril de la ciclorruta (m).

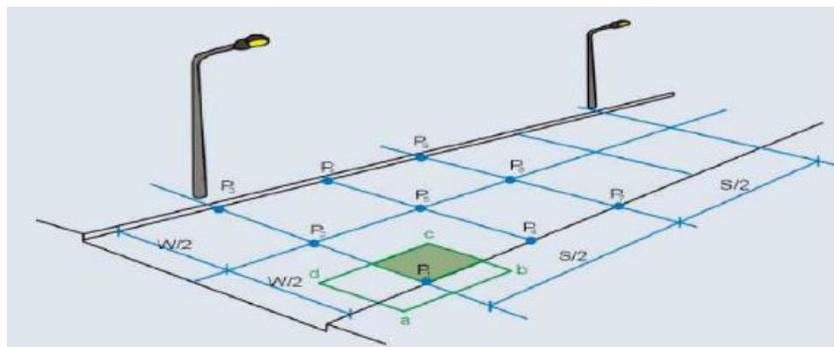
#### **4.4.5 Método de los 9 puntos.**

Este método es empleado cuando se requiere determinar la iluminación promedio sobre una vía en una instalación de alumbrado público, el método consiste en ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, formando un rectángulo

de área largo ( $s/2$ ) por ancho ( $W$ ), a su vez tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos generados por estos vértices producen la formación de nuevos rectángulos obteniendo los 9 puntos considerado.

Se considera la iluminancia promedio en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones ( $W/2$ ) y ( $S/2$ ), lo cual los puntos extremos tienen una contribución de 0.25, mientras que los puntos intermedios de 0.5 y el punto central de 1.

La iluminancia  $E_1$  en el punto  $P_1$  corresponde al área a, b, c, por otro lado, la iluminancia de los puntos  $P_3, P_7$  y  $P_9$  la contribución de estos puntos debe ser ponderada al 25%, por idéntico rozamiento los puntos  $P_2, P_4, P_5$  y  $P_8$  representan la iluminación de área que tan solo tienen el 50% sobre la vía, a diferencia de los demás el  $P_5$  representa un área total contenida en la vía pública por lo que su contribución al promedio es completa.



**Figura 20.** Método de los 9 puntos.

**Fuente:** (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Mediante la **Ecuación 10** se determina la iluminancia promedio sobre la vía:

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

#### 4.4.6 Cálculo de la uniformidad general de iluminancia en el alumbrado público.

El valor cociente de uniformidad general de iluminación se determina de acuerdo a los siguientes criterios:

- Como  $U_o = \frac{E_{\min}}{E_{\text{prom}}}$ , tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional para ellos empleamos la **Ecuación 11**.

$$E_{\text{prom}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{n} \quad (11)$$

Donde:

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

$E_{\text{prom}}$ : Corresponde al valor promedio calculado entre todos los puntos considerados.

$E_i$ : Valor de iluminancia en cada punto.

- Como  $U_o = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$ , tomando como base los puntos evaluados en el campo típico de la vía, bien sean los 9 puntos del método europeo o los 20, 30 ó 60 puntos del método computacional.

Donde:

$E_{\max}$ : Corresponde al punto de mayor iluminancia calculado entre todos los puntos considerados (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

#### **4.4.7 Requisitos generales de diseño de alumbrado público.**

- **Requerimientos de visibilidad:** La iluminación del alumbrado público debe ser adecuado para realizar las actividades de manera normal tanto para los peatones como para la circulación vehicular.
- **Cantidad y calidad de luz:** El espacio para los usuarios (calzada y del andén) que circulan en las horas de la noche deben otorgar un ambiente cómodo y seguro, permitiendo transitar con una velocidad normal sin riesgo a chocar con algún obstáculo.

- **Confiabilidad de la percepción:** La iluminación debe proporcionar un elevado nivel de luminancia en el fondo, así como un bajo nivel de luminancia para el obstáculo y mantener un limitado deslumbramiento desde las fuentes de luz.
- **Comodidad visual:** Una importante característica para la movilización vehicular, la falta de comodidad provocará una disminución de concentración en los conductores debido al cansancio que se producirá en sus ojos, el grado de comodidad amigable para el conductor es proporcionado por la instalación de alumbrado público que permite una mejor adaptación sobre el espacio que circula. En la comodidad visual del conductor se encuentra comprometida la luminancia ofrecida por el alumbrado, su uniformidad, así como la disposición y naturaleza de las fuentes luminosa utilizadas.
- **Evaluación económica y financiera:** Todo proyecto de alumbrado público se deberá realizar una evaluación económica y financiera donde se incluya los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento durante su vida útil.
- **Uso racional y eficiente de la energía:** Los proyectos de alumbrado público deben cumplir con todos los parámetros fotométricos estipulados por la norma y no hacer un mal uso de la energía.
- **Requerimiento de las normas de mobiliario urbano:** Es otro parámetro al momento de plantear un proyecto de iluminación sobre mobiliario urbano con el fin de no alterar el estilo arquitectónico predominante en el sector, así como en plazas, fachadas, vías con destinación histórica o turística, es necesario mantener el color y la distribución concordante. Para cada caso hay distribuciones y equipos que mejoran el impacto visual de la instalación (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

#### 4.5 Eficiencia energética.

Para Real Decreto 1890/2008 (2008), define “la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada”.

Se determina por la **Ecuación 12**:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \quad (12)$$

Donde:

$\varepsilon$ : eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ( $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$ )

$S$ : área iluminada (m<sup>2</sup>)

$P$ : potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).

$E_m$ : iluminancia media en servicio de la instalación, considerando al mantenimiento previsto (lux).

También la eficiencia energética se puede determinar mediante la **Ecuación 13**:

$$\varepsilon = \varepsilon_l \cdot f_m \cdot f_u \quad (13)$$

Donde:

**Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares ( $\varepsilon_l$ ):** es la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

**Factor de mantenimiento ( $f_m$ ):** considera la relación existente entre los valores de iluminancia que se pretende mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

**Factor de utilización ( $f_u$ ):** relación entre el flujo útil de la luminaria sobre la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado, es necesario incrementar cualquiera de los tres factores descritos anteriormente.

#### 4.5.1 Instalación de alumbrado vial ambiental

Este tipo de instalaciones se ejecutan normalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) y son implementadas en áreas urbanas, espacios públicos urbanizados para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, áreas de estancias parques, entre otras consideradas en la Instrucción Técnica Complementarias ITC-EA-02.

Una instalación de alumbrado vial ambiental deberá cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética y máxima potencia unitaria, considerando el tipo de fuente luminosa, características o geometría de la instalación, dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como la disposición de la luminaria.

En la **Tabla 8**, se presenta valores de eficiencia energética como de potencia unitaria máxima.

**Tabla 8.** Requisitos mínimos de eficiencia energética y potencia unitaria para iluminación vial ambiental.

<b>Iluminación media en servicio</b> $E_m$ (lux)	<b>Eficiencia energética mínima</b> $\epsilon \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$	<b>Potencia unitaria máxima.</b> $P_u \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$
$\geq 20$	18	1.11
15	17	0.88
10	16	0.63
7.5	14	0.53
$\leq 5$	12	0.42

**Fuente:** (Real Decreto 1890/2008, 2008).

#### 4.5.2 Metodología de cálculo.

El índice de eficiencia energética ( $I_e$ ) se define como el cociente entre la relación de la eficiencia energética de la instalación ( $\epsilon$ ) y la eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ ).

Mediante la siguiente **Ecuación 14** expresión se tiene:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} \quad (14)$$

A continuación, en la se expone valores de eficiencia energética para alumbrado vial funcional, alumbrado vial ambiental y otras instalaciones como se muestran en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.** Valores de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional y ambiental.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia Media en Servicio proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia energética de referencia $\varepsilon_R \left( \frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$	Iluminancia Media en servicio proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia energética de referencia $\varepsilon_R \left( \frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
$\geq 30$	68	-	-
25	60	-	-
20	52	$\geq 20$	36
15	44	15	30
10	36	10	24
$\leq 7.5$	28	7.5	18
-	-	$\leq 5$	12

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

**Fuente:** (Real Decreto 1890/2008, 2008).

El índice de eficiencia energética se caracteriza por estar expresado mediante una escala de siete letras que va desde la A (instalación más eficiente) a la letra G (instalación menos eficiente).

El índice utilizado para la escala de letras será el índice de eficiencia energética expuesta en la **Ecuación 14** o también por la siguiente expresión:

$$ICE = \frac{1}{I_{\epsilon}} \quad (15)$$

En la siguiente **Tabla 10**, se determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético

**Tabla 10.** Calificación energética de una instalación de alumbrado.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de eficiencia energética
A	$ICE < 0.91$	$I_{\epsilon} > 1.1$
B	$0.91 \leq ICE < 1.09$	$1.1 \geq I_{\epsilon} > 0.92$
C	$1.09 \leq ICE < 1.35$	$0.92 \geq I_{\epsilon} > 0.74$
D	$1.35 \leq ICE < 1.79$	$0.74 \geq I_{\epsilon} > 0.56$
E	$1.79 \leq ICE < 2.63$	$0.56 \geq I_{\epsilon} > 0.38$
F	$2.63 \leq ICE < 5$	$0.38 \geq I_{\epsilon} > 0.20$
G	$ICE \geq 5$	$I_{\epsilon} \leq 0.2$

**Fuente:** (Real Decreto 1890/2008, 2008).

#### 4.5.3 Etiqueta de eficiencia energética.

Con el objetivo de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado a los usuarios, esta etiqueta se caracteriza por llevar letras del alfabeto en sus especificaciones que va de la letra A a la letra G, indicando su nivel de eficiencia más alta hasta la mínima.



**Figura 21.** Etiqueta energética de las instalaciones de alumbrado exterior.

**Fuente:** (Real Decreto 1890/2008, 2008).

#### **4.6 Iluminación con tecnología LED.**

La iluminación LED hoy en día es la principal fuente de luz para oficinas, casa, hospitales, alumbrado público entre otros, debido a su alta eficiencia con respecto a la iluminación tradicional y su bajo consumo energético.

Un led (light emitting diode), es un elemento semiconductor que emite luz cuando es atravesado por una corriente eléctrica con una polarización directa, el principal efecto producido es el llamado electroluminiscencia que transforma la energía eléctrica en luz, un LED posee dos terminales ánodo y cátodo.

Normalmente un diodo led es un elemento pequeño que emite una alta luminosidad, pero no es lo suficientemente grande para iluminar un espacio grande, para ello la agrupación de varios de ellos nos permite tener lámparas, tanto para interior o exteriores, lo cual es una ventaja debido a que se puede emplear para alumbrado público.



**Figura 22.** Diodos led modernos.

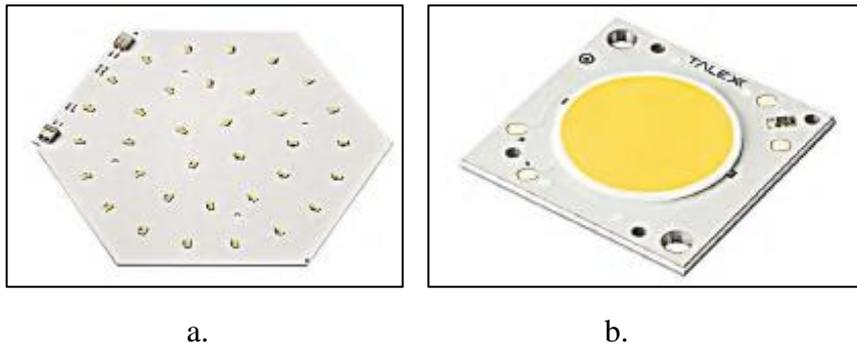
**Fuente:** (Anfalum, 2015).

##### **4.6.1 Elementos de una luminaria led.**

Para Anfalum (2015), una luminaria led está conformada básicamente por los siguientes elementos:

- **Chip LED o arreglo de LED:** Estos elementos son los encargados de emitir el haz de luz que a su vez en conjunto forman una lámpara o foco, normalmente, estos tipos de

led pueden ser de 2 tipos: SMD (de montaje superficial) y COB (un arreglo de diodos LED dentro de una pastilla con un recubrimiento especial b).



**Figura 23.** Modelo de Led empleados en luminarias.

**Fuente:** (Anfalum, 2015).

- **Driver:** Para el control de un foco LED se emplea sistemas electrónicos que convierte la corriente alterna de la red en corriente continua con un determinado valor de voltaje y corriente dependiendo del arreglo implementado en la luminaria para alimentar correctamente los LED.



**Figura 24.** Driver para control de LED.

**Fuente:** (Anfalum, 2015).

- **Disipador térmico:** Para aumentar la vida útil de los elementos se implementa disipadores de calor a las placas donde se encuentra montados los LED debido a que es

una característica muy peculiar de esta tecnología sensibles al calor y empiezan a fallar si el valor de temperatura empieza a aumentar de manera abrupta hasta el daño del mismo, mientras más potencia la luminaria mayor será el área del disipador a emplear.

- **Difusor:** proporciona un mayor o menor ángulo de difusión de la luz. Suelen ser de plástico. Hay algunas bombillas LED que, en vez de difusor en forma de globo, llevan una lente que dirige la luz desde el chip en la dirección y forma del haz (Julián LED Almacén , 2015).



**Figura 25.** Difusor de un foco led.

**Fuente:** (Julián LED Almacén , 2015).

#### **4.6.2 Luminarias de alumbrado LED.**

Estas luminarias están diseñadas para uso exterior, con un modelo similar a las luminarias tradicionales. Sus componentes son proporcionados por el fabricante y no se utiliza ninguna parte mecánica, eléctrica o electrónica de una anterior luminaria.

Po otra parte, en el Real decreto de 1890/2008 de 14 de Noviembre, en el apartado 9 de su instrucción técnica complementaria ITC-EA 02, se especifica que las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental, entre otros, si la potencia instalada es superior a 5KW deben reducir sus niveles de iluminación, por lo tanto, es sistema deberá contar con dispositivos que permitan esa regulación, salvo que por otro motivos de seguridad no resulte recomendado efectuar dicha regulación, se aceptará, esto deberá se aclarado en la memoria técnica del diseño.

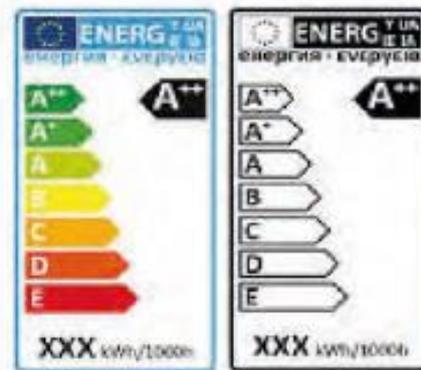


**Figura 26.** Luminaria de alumbrado exterior.

**Fuente:** (Anfalum, 2015).

#### **4.6.3** *Eficiencia energética del sistema LED.*

Para Anfalum (2015), desde el 2013 para las lámparas, así como luminarias o todo equipo que este conformado por tecnología LED deberán tener una etiqueta energética que permita conocer la eficiencia energética del producto, lo cual en la mayoría de los casos siendo A++ el mejor nivel de eficiencia presente en los LED.



**Figura 27.** Etiqueta energética en producto LED.

**Fuente:** (Anfalum, 2015).

## 5. Metodología

### 5.1 Materiales

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó diferentes softwares tanto para el cálculo como para el diseño 2D y 3D, instrumentos de mediciones, normativas ecuatorianas e internacionales y algunos catálogos de productos.

Materiales para mediciones fotométricas:

- Luxómetro digital.
- Cinta métrica.
- Flexómetro.

Materiales de software:

- SIG EERSSA.
- AutoCAD®.
- Dialux®.
- Google Earth®.
- Microsoft Word®.
- Microsoft Excel®.

Otros:

- Cámara celular.
- Computador Portátil.
- Material de oficina.
- Calculadora.

## 5.2 Métodos

En esta sección se presenta una descripción de la metodología utilizada para la elaboración del proyecto de tesis.

### 5.2.1 Descripción general del área de estudio

Para la evaluación del sistema de alumbrado público de la Facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, partimos inicialmente de una caracterización general del área de estudio y de recolección de datos generales de los sistemas de iluminación además de su construcción civil de esta área, misma que está ubicada en la ciudadela universitaria Guillermo Falconí Espinosa, a pocos metros del redondel a la salida Loja-Malacatos.



**Figura 28.** Entrada a la FEIRNNR

Mediante la observación directa y también con el uso de varios softwares se logró inicialmente determinar ciertos datos importantes para arrancar con el levantamiento civil, comprendida desde la entrada de la facultad por la avenida Reinaldo Espinosa hasta el final de la facultad en el bloque 3.

### 5.2.2 Evaluación el estado actual del sistema de alumbrado público

Es necesario establecer como dato de partida la clasificación de la vía, que servirá para definir los parámetros más importantes a tener en cuenta para una correcta clasificación del área, todo esto bajo la normativa de iluminación vigente.

Se consideró necesario realizar un levantamiento detallado de todas las variables que intervienen en el diseño del sistema de alumbrado público.

Para ello es necesario una observación directa del sistema de iluminación pública, además de realizar distintas mediciones, seguida de una recopilación y sistematización de la información obtenida.

#### **5.2.2.1 Levantamiento de la información**

Se deberá partir de un levantamiento de información de los componentes y magnitudes que comprenden nuestra área de estudio, como son: características y medidas de la calzada, ancho de vereda, distancia entre postes, altura de postes, niveles de iluminación, altura de instalación, tráfico vehicular, tráfico peatonal entre otras condiciones, a fin de obtener una correcta clasificación y caracterización según lo dicta la norma para un estudio luminotécnico.

Este procedimiento se puede realizar con mediciones reales utilizando instrumentos de medición y equipos destinados al estudio luminotécnico.

#### **5.2.2.2 Descripción de los componentes que integran la red de alumbrado público**

Mediante la observación directa y datos proporcionados por el GeoPortal de la EERSSA, se puede elaborar una descripción general de los elementos que integran el sistema de alumbrado público, se podrá reconocer específicamente el número exacto de luminarias instaladas en el sistema, tipo y potencia.

Además, es necesario determinar el estado de cada uno de los puntos de luz y verificar algún defecto o daño que presenten y de igual manera el resto de componentes que lo conforman.

#### **5.2.2.3 Cálculo del consumo eléctrico**

Partiremos empleando la **Ecuación** 15, la cual está en función del número de luminarias que existen en el lugar, así mismo de su potencia y horas de funcionamiento.

Por lo general el tiempo de funcionamiento del sistema de alumbrado público es de 12 horas aproximadamente lo cual tomaremos este valor para los cálculos correspondientes.

Para este caso de estudio, el alumbrado que requiera el uso de balastos u otros dispositivos auxiliares para su operación, se considera un consumo del 10% de la potencia de la lámpara, de esta manera tenemos que para las lámparas de 250W las pérdidas en los balastos será de 25W y para las de 150W será de 15W.

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

#### 5.2.2.4 Evaluación de iluminación de alumbrado público

Con los datos obtenidos mediante la observación y mediciones, se establece un plan y metodología de medición de los parámetros luminotécnicos.

Las mediciones se las realizó usando el luxómetro digital marca Proskit modelo MT-4617LED, mismo que cumple con las especificaciones y requerimientos según las normas DIN 5032 y CIE 69.



**Figura 29.** Luxómetro empleado para las mediciones.

El método seleccionado es el denominado **“Método de los 9 Puntos”** el cual está basado en la norma del REAL DECRETO 1890/2008, expuesto en el capítulo 4.4 del marco teórico.

Una vez realizadas las mediciones en los 9 puntos seleccionados se podrá determinar:

- Iluminancia Media.
- Factor de Uniformidad.

Fijando como mínimo los valores de los siguientes parámetros fotométricos:

- Iluminancia media.
- Uniformidad media.

Los niveles de iluminancia media y los coeficientes de uniformidad media, se fijarán en instalaciones nuevas según los criterios dictados por la norma actual vigente.

### 5.2.2.5 Clasificación de la eficiencia energética del sistema actual

Para obtener la calificación energética, es necesario contar con los variables como: Superficie Iluminada, Iluminancia Media y Potencia Instalada y mediante la aplicación de fórmulas y tablas vistas en el capítulo 4.5 obtener valores resultantes mismos que permiten obtener la calificación energética de este sistema.

Este proceso detallado anteriormente se puede simplificar utilizando un software denominado “Cálculo de la Eficacia Energética MAYJA”, mismo que introduciendo los valores de Superficie Iluminada, Iluminancia Media y Potencia Instalada, nos proyecta automáticamente la calificación energética del sistema.

Calcúlo de la Eficacia Energética

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR SEGÚN R.D. 1890/2008**

Tipo de Alumbrado:  
 Vial Funcional  
 Vial Ambiental y Otros

**ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL**

Superficie Iluminada (m<sup>2</sup>): 99,9  
 Iluminancia Media - E<sub>m</sub> (lux): 22,2  
 Potencia activa instalada (W): 86,3

Calcular

Eficiencia energética de la instalación:  $\epsilon$  0  
 Eficiencia energética mínima:  $\epsilon_{min}$  0  
 Eficiencia energética de referencia:  $\epsilon_r$  0  
 Índice de Consumo Energético: (ICE) 0  
 Índice de Eficiencia Energética: ( $I_{\epsilon}$ ) 0

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Calificación Energética: **A**

**Figura 30.** Interfaz del programa MAYJA.

### **5.2.3 Propuesta de modelo para la implementación de alumbrado público**

#### **5.2.3.1 Selección de iluminarias**

Para la selección de iluminarias, se empleó la normativa vigente, misma que permitió determinar factores y características requeridas en las luminarias a fin de permitir un servicio de mejor calidad.

Se analizaron diferentes catálogos y folletos de distintas empresas, para ello se utilizó un el método selectivo tomando en cuenta parámetros fundamentales de funcionamiento como son:

- Potencia.
- Tensión de operación.
- Flujo luminoso.
- Rendimiento Luminoso.
- Temperatura de color.
- Factor de potencia.
- Vida útil Promedio.
- Protección.

Dichos parámetros fueron tomados según la norma vigente del país de alumbrado público general.

##### **5.2.3.1.1 Metodología para la selección de luminarias**

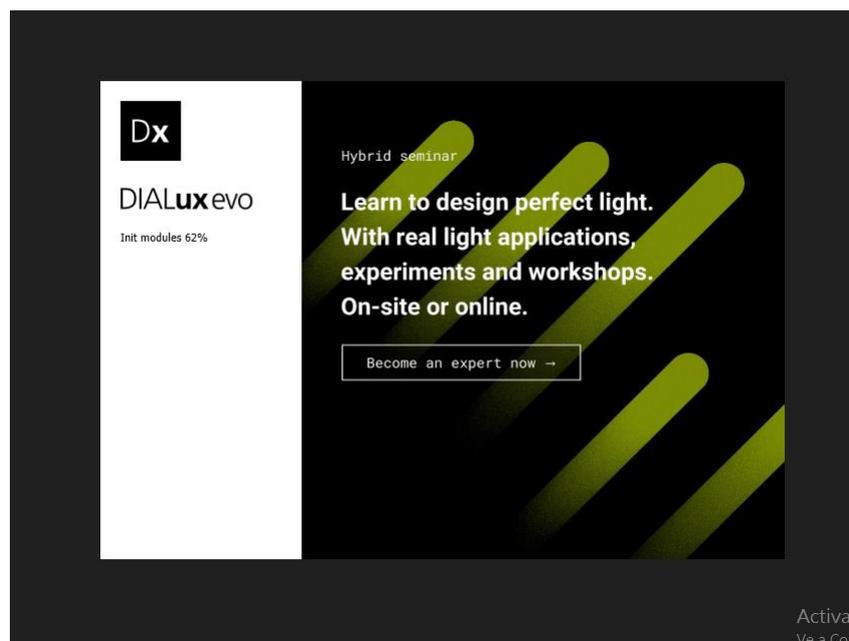
Para la selección de las luminarias se realizó una investigación de los equipos disponibles en el mercado nacional, además se elaboró una tabla a fin de comparar entre si las prestaciones de cada una de estas para finalmente seleccionar las más adecuada para el reemplazo.

### 5.2.3.2 Simulación del sistema de iluminación propuesto

#### 5.2.3.2.1 Levantamiento 3D en Dialux

Mediante un plano 2D de la facultad, se pudo obtener la distribución del terreno y de los distintos bloques que componen nuestra área de estudio para posteriormente realizar una exportación del plano hacia el programa DIALux evo para el levantamiento 3D de la facultad.

Se ha dado algunos de los muchos detalles de esta área a fin obtener una apariencia más cercana a la realidad, recalcando que el estudio no está enfocado en la parte arquitectónica sino más bien en el apartado lumínico.

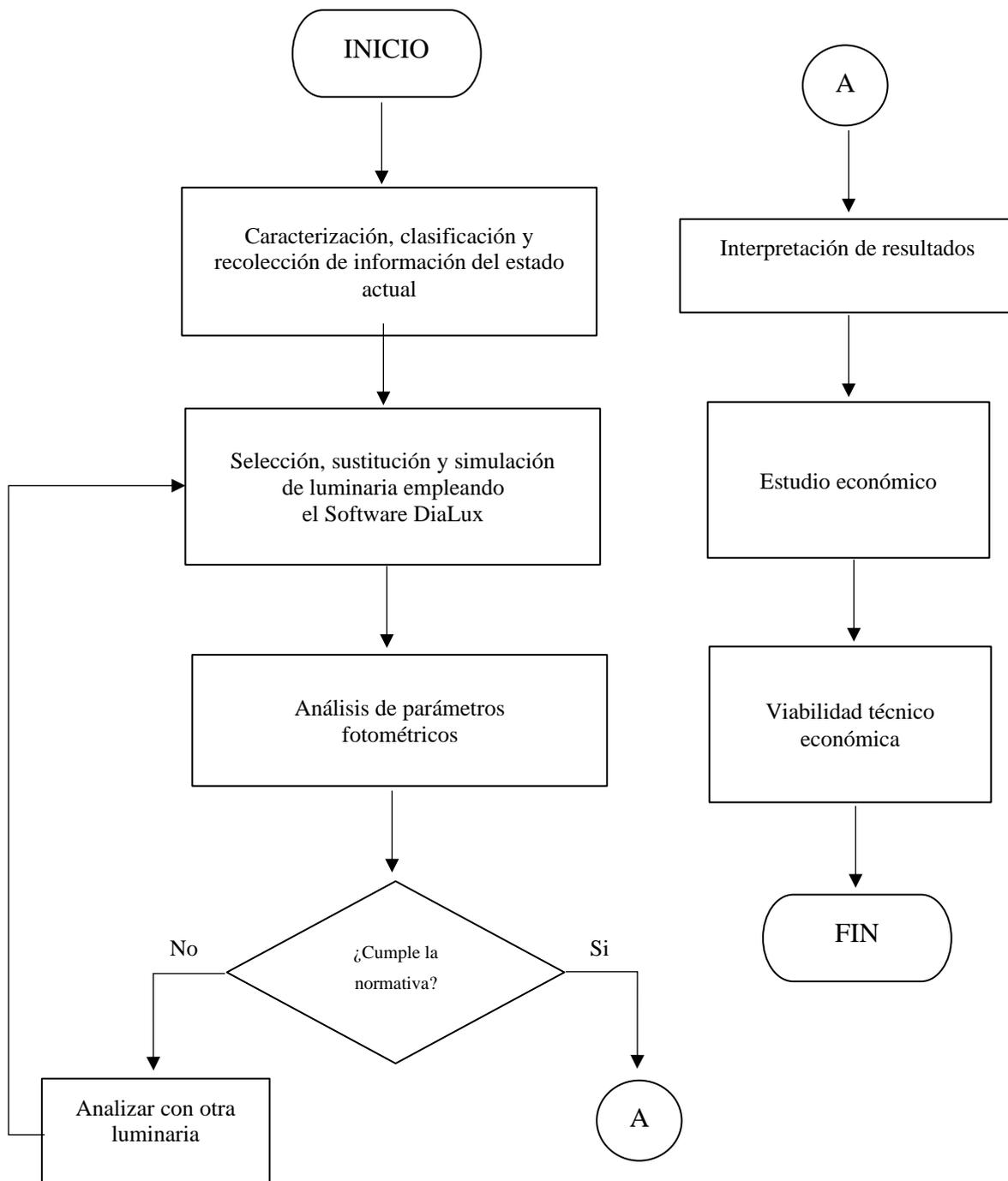


**Figura 31.** Inicio del programa Dialux,

#### 5.2.4 Evaluación técnico económico

Para la evaluación técnico económico, se realizó una valoración de los diferentes costos de los equipos y componentes del sistema de iluminación a si mismo de tomar en cuentas los costos de instalación y mantenimiento de estos sistemas a fin de determinar un costo total de la inversión del proyecto, tomando en cuenta los datos más relevantes entre costos y beneficios.

A continuación, se muestra el flujograma que describe el proceso para lograr los objetivos de este Trabajo de Integración Curricular.



**Figura 32.** Diagrama de flujo de la metodología aplicada.

**Fuente:** El autor.

## 6. Resultados

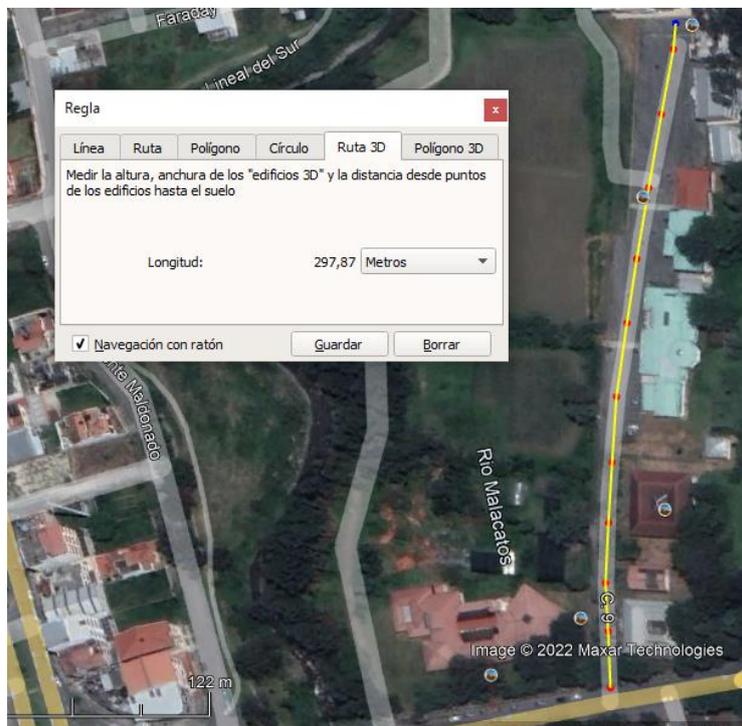
### 6.1 Evaluación y diagnóstico del estado actual

#### 6.1.1 Levantamiento y evaluación general

En primera instancia mediante la observación directa y respectivas mediciones se obtuvo datos civiles y de distribución de los elementos y bloques de nuestra área de estudio partiendo en primera instancia de las características y condiciones del sistema de iluminación y posterior mente de la vía, la cual se aprecia en la **Figura 33** desde el software Google Earth.

De mismo modo basados en la normativa, según la **Tabla 3** y **Tabla 4** del documento, se procedió con la clasificación del tipo vía, en función de la importancia, velocidad y tránsito vehicular para finalmente basándonos en la **Tabla 5**, poder determinar la clase de alumbrado basado en su tráfico peatonal.

Toda esta información y clasificación se resume en la **Tabla 11**.



**Figura 33.** Vía de la FEIRNNR.

**Fuente:** Google Earth.

A continuación, se muestran aspectos anteriormente mencionados.

**Tabla 11.** Datos generales de la vía.

<b>Aspectos generales</b>	
Longitud	298 m
Tipo de vía	M4
Tipo de recubrimiento	Asfalto
Característica de la superficie	R2
Trafico peatonal	P4
Numero de luminarias	10
Distancia promedio entre postes	35 m
Ancho de vía	6.5 m
Ancho de vereda	1.5 m

**Fuente:** El autor.

A continuación, en la **Tabla 12.** y **Tabla 13** se expone información sobre el sistema de iluminación actual, obtenida mediante la herramienta Geo portal del EERSSA detallando ubicación, composición y algunos otros datos característicos del sistema de iluminación actual.

**Tabla 12.** Características del sistema de iluminación.

<b>Código</b>	<b>Estructura</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
143886	Hormigón	699815	9554064
143887	Hormigón	699826	9554108
143888	Hormigón	699835	9554148
143889	Hormigón	699844	9554189
143890	Hormigón	699855	9554222
143891	Hormigón	699872	9554212
502759	Hormigón	699887	9554242
	Luminaria en fachada	699904	9554285
	Luminaria en fachada	699905	9554313
502349	Hormigón	699912	9554333

**Fuente:** Geo portal EERSSA.

**Tabla 13.** Datos generales de las lámparas.

<b>Cod. Estructura</b>	<b>Cod. Luminaria</b>	<b>Fase conexión</b>	<b>Subtipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Marca</b>
LDPS250PCC	292	C	Sodio Cerrada	250	240	N
LDPS250PCC	292	C	Sodio Cerrada	250	240	Celsa
LDPS150ADC	N	C	Sodio Cerrada	150	240	N
LDPS100PCC	3.825	C	Sodio Cerrada	100	240	Celsa
LDPS250PCC	159.612	C	Sodio Cerrada	250	240	Schereder
LDPS150ACC	159.611	C	Sodio Cerrada	150	240	Schereder
LDPS150ACC	168.548	C	Sodio Cerrada	150	240	Celsa
LDFS150ACC	168.547	C	Sodio Cerrada	150	240	Schereder
LDFS150ACC	168.546	C	Sodio Cerrada	150	240	Schereder
LDPS150ACC	168.545	C	Sodio Cerrada	150	240	Celsa

**Fuente:** Geo portal EERSSA.

De acuerdo con las observaciones directas y evaluaciones realizadas en el sistema de iluminación pública, se pudo constatar en primera instancia, el estado de los componentes que conforman el sistema de alumbrado público, el mismo no se encuentran en un buen estado físico y en algunos casos funcional, por lo que el servicio que brinda este sistema tiende a ser deficiente llegando a no cumplir con los requerimientos establecidos por la norma vigente del país, esta información se la muestra de manera sintetizada en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.** Estado general del sistema de iluminación

CÓDIGO	POSTE		Subtipo	LUMINARIA			
	Estructura	Estado		Potencia (W)	Voltaje (V)	Marca	Estado
143886	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	250	240	N	Buena
143887	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	250	240	Celsa	No sirve
143888	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	150	240	N	Buena
143889	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	100	240	Celsa	Buena
143890	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	250	240	Schereder	Buena
143891	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	150	240	Schereder	Buena
502759	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	150	240	Celsa	Buena
	Luminaria en fachada		Sodio Cerrada	150	240	Schereder	No sirve
	Luminaria en fachada		Sodio Cerrada	150	240	Schereder	Buena
502349	Hormigón	Bueno	Sodio Cerrada	150	240	Celsa	Buena

**Fuente:** El autor.

### 6.1.2 Mediciones y cálculos luminotécnicos

Empleando la metodología planteada inicialmente, los equipos e instrumentos, las normas establecidas para la medición y cálculo de iluminancia y uniformidad general se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan resumidos en la **Tabla 15**.

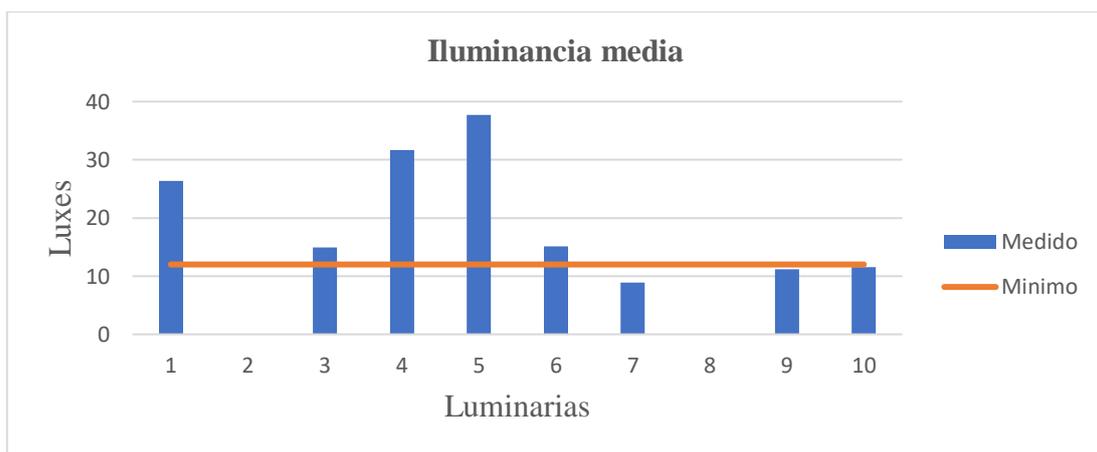
**Tabla 15.** Resultados de mediciones lumínicas.

Nro.	Poste	Luminaria	Iluminancia media (Lux)	Factor de uniformidad (Uo)
1	143886	292	26.36	0.08
2	143887	292		
3	143888	N	14.93	0.02
4	143889	3 825	31.63	0.25
5	143890	159 612	37.71	0.44
6	143891	159 611	15.07	0.48
7	502759	168 548	8.86	0.37
8	Lum. en fachada	168 547		
9	Lum. en fachada	168 546	11.21	0.24
10	502349	168 545	11.56	0.44

**Fuente:** El autor.

Haciendo uso de un gráfico comparativo se pudo evaluar el estado en las que se encuentran las luminarias, dando como resultado que la mayoría de estas no cumplen con el requerimiento mínimo de iluminación según la norma, tal como se ha expuesto en la **Tabla 7**.

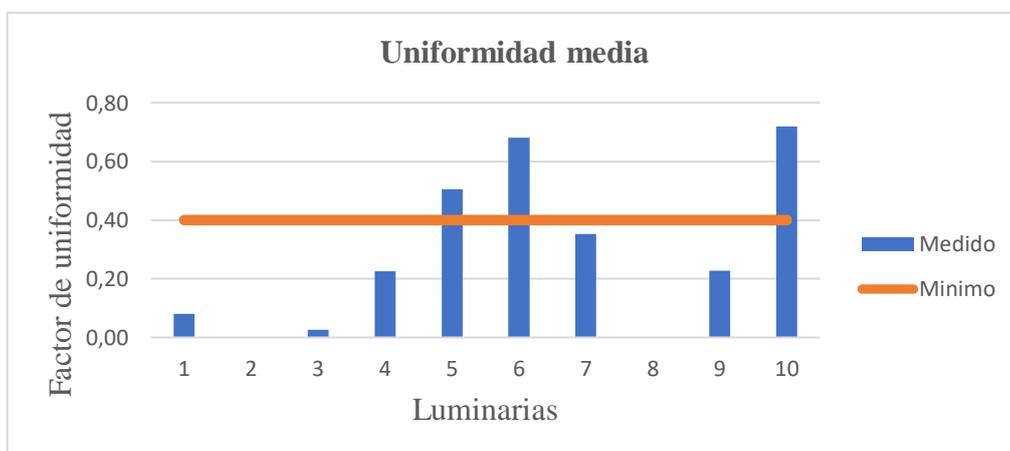
Como se puede apreciar el valor de iluminancia media requerida por la norma representado por la franja naranja no se cumple en más de la mitad de las luminarias actuales de nuestra área, mismas que no brindan una correcta iluminación para este caso tal y como se puede apreciar en la representación de las **Figura 34** y **Figura 35**.



**Figura 34.** Representación de valor de iluminancia mínima de la norma contra la medida.

**Fuente:** El autor.

De igual manera como se puede apreciar en cuanto a los valores de uniformidad media, estos no cumplen con los requeridos por la norma en más de la mitad de las luminarias actuales,



**Figura 35.** Representación de valor de la uniformidad media de la norma contra la calculada.

**Fuente:** El autor.

En cuanto a las aceras aplicando el método de medición de iluminancia semicilíndrica y estableciendo un promedio el resultado general tenemos un valor de 1.26 lux el cual la norma establece un valor mínimo de 1lux por lo que se determina que cumple con este.

### 6.1.3 Cálculo de consumo energético

Para el cálculo de consumo energético se empleó la **Ecuación 15**, la misma que se planteó tomando en cuentas las horas de funcionamiento, perdidas y potencias del equipo, para posteriormente ser calculada para un periodo mensual y anual, dando como resultado los valores expuestos en la **Tabla 16** la cual se muestra a continuación.

**Tabla 16.** Cálculos de consumo energético de las luminarias.

Lum.	Cant.	Potencia (kW)	Pérdidas en balastos (kW)	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	Consumo anual (kWh)
Sodio Cerrada	3	0.25	0.025	12	9.9	297	3 564
	6	0.15	0.015	12	11.88	356.4	4 276.8
	1	0.1	0.01	12	1.32	39.6	475.2
<b>Total (kWh)</b>					23.1	693	8 316

**Fuente.** El autor.

### 6.1.4 Clasificación energética

En la **Tabla 17** se presentan los resultados de la clasificación energética de las luminarias de vapor de sodio, mediante la utilización del software MAYJA.

**Tabla 17.** Calificación energética de luminarias actuales.

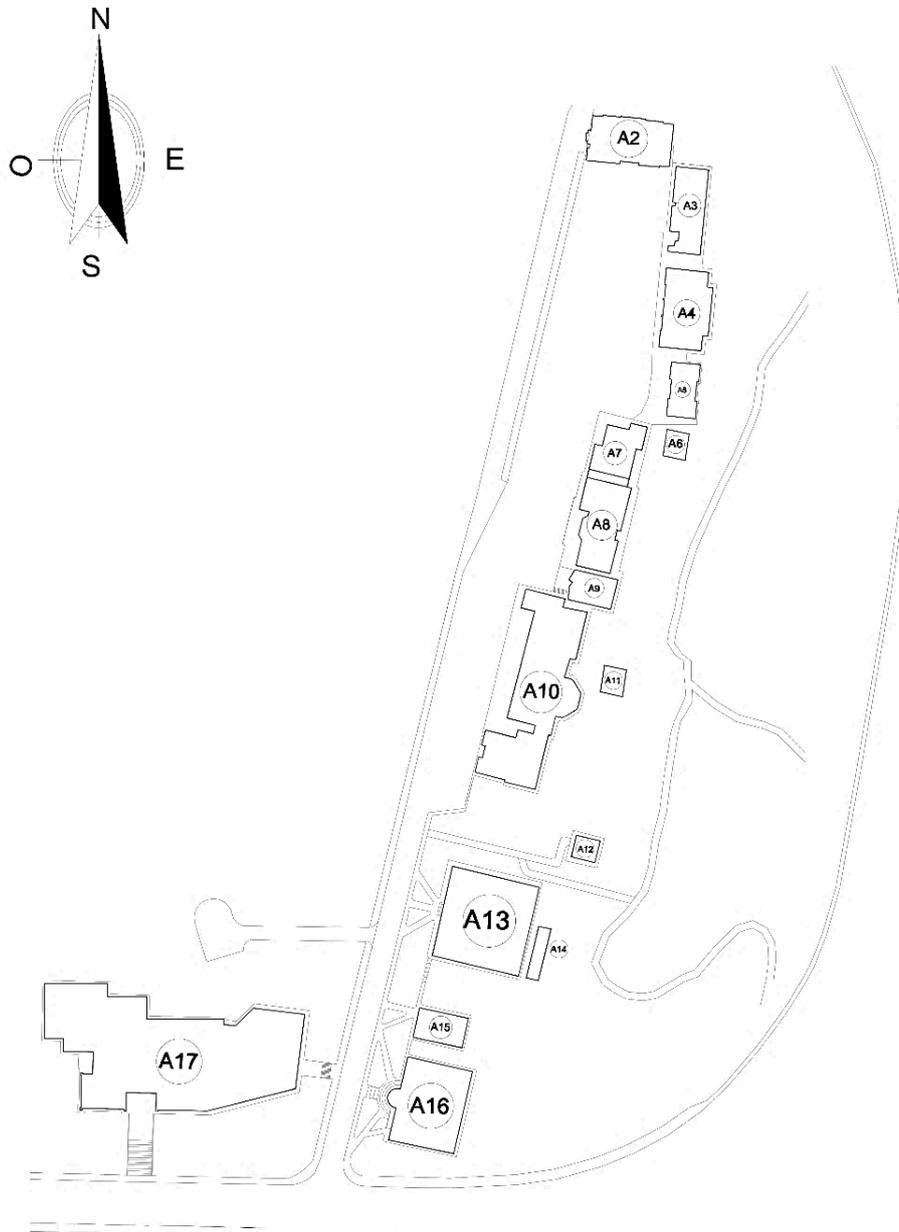
Calificación Energética	
Luminaria	Calificación
1	C
2	-
3	D
4	B
5	B
6	C
7	D
8	-
9	C
10	C

**Fuente.** El autor.

## 6.2 Propuesta de implementación

### 6.2.1 Simulación del área de estudio

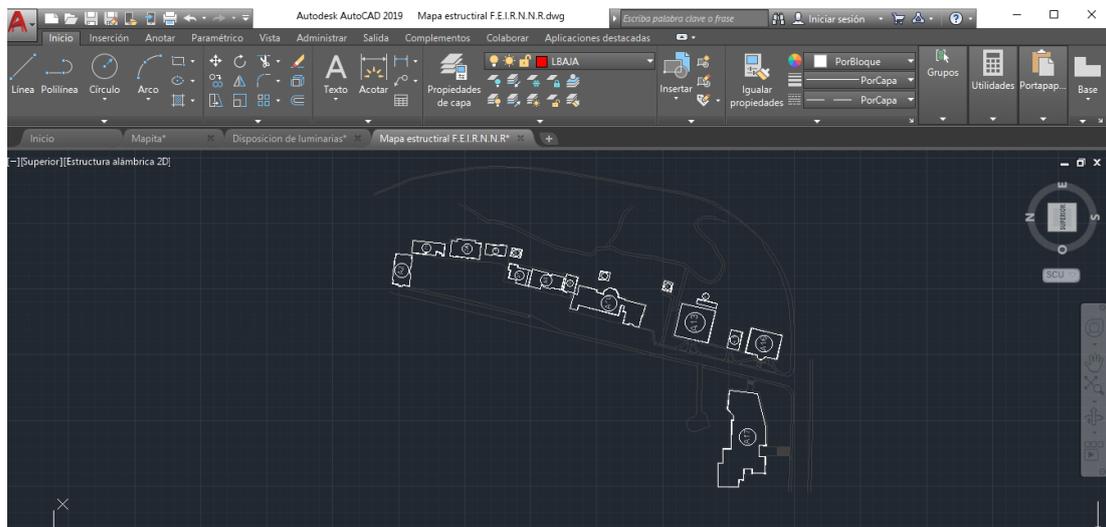
Para la simulación del área de estudio se basó primeramente en un plano estructural de la F.E.I.R.N.N.R. de la Universidad Nacional de Loja la cual se aprecia en la **Figura 36**.



**Figura 36.** Plano de la F.E.I.R.N.N.R

**Fuente:** El autor.

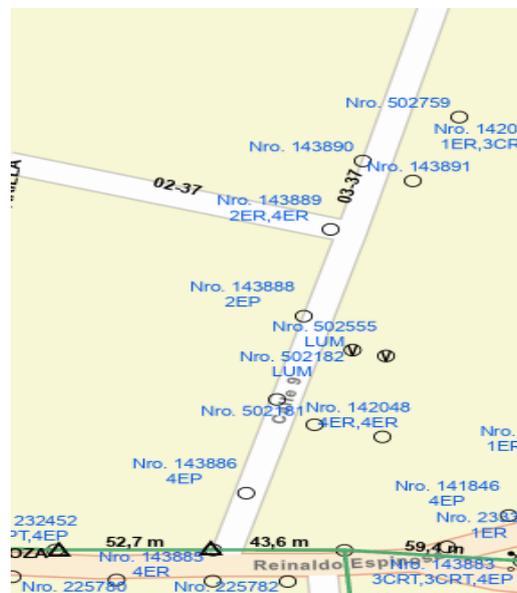
Empleando el mapa de los diferentes bloques y distribución del área se exportó al software AutoCAD® tal y como se aprecia en la **Figura 37**, para su posterior exportación al software DIALux evo®.



**Figura 37.** Exportación de mapa al software AutoCAD

**Fuente:** El autor.

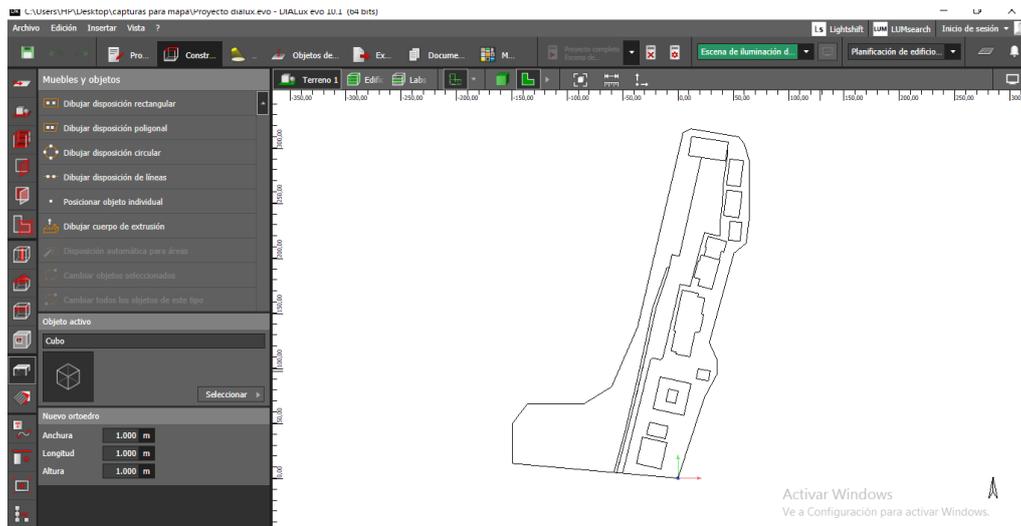
Seguidamente tomando en cuenta las coordenadas de las luminarias otorgadas por el geo portal del EERSSA **Figura 38**, se pudo ubicar las distintas luminarias de acuerdo a su ubicación geográfica.



**Figura 38.** Información de la infraestructura eléctrica del área de estudio.

**Fuente:** Geo portal EERSSA.

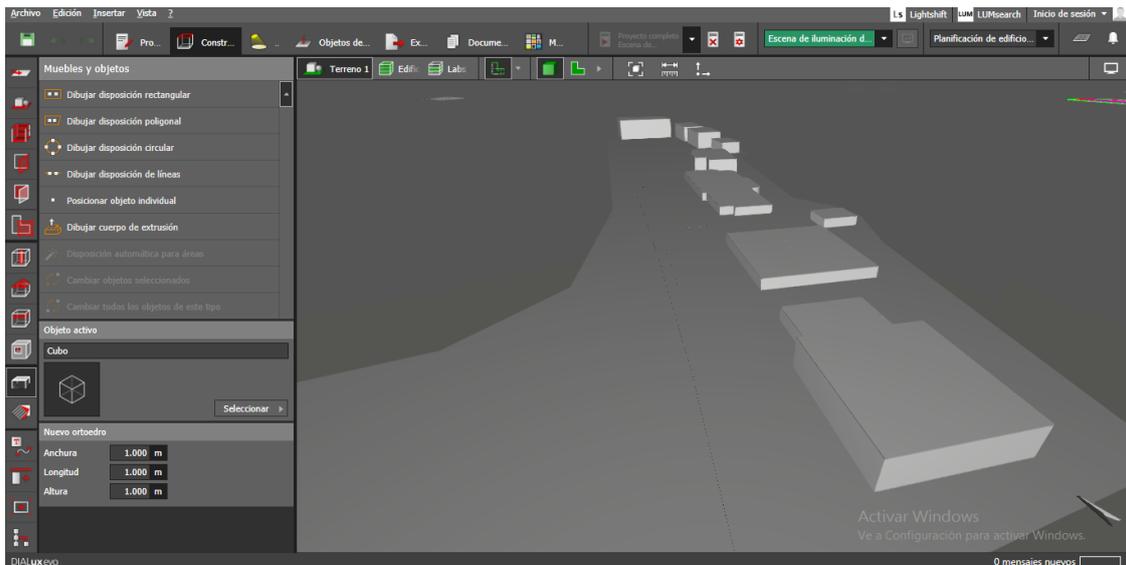
Una vez exportado el mapa de AutoCAD® a DIALux evo®, se modeló el terreno donde está ubicada nuestra área de estudio. Tal y como se muestra en la **Figura 39**.



**Figura 39.** Modelación del terreno en DIALux evo®.

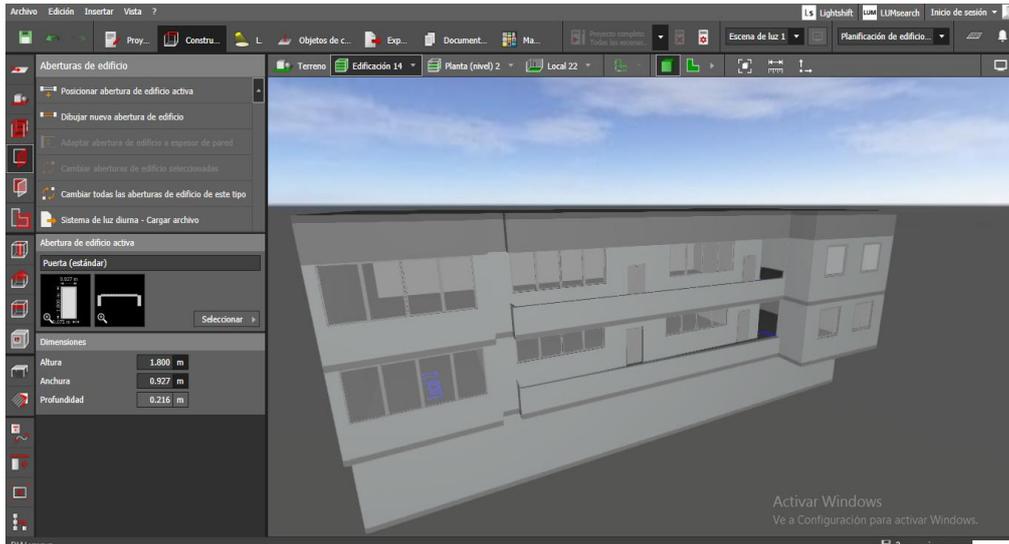
**Fuente:** El autor.

Seguidamente se procedió con el levantamiento y modelación de la infraestructura existente en la F.E.I.R.N.N.R, dando detalles de cada elemento para una mejor presentación y acercamiento a la realidad, tal y como se evidencia en las **Figura 40** y **Figura 41**.



**Figura 40.** Modelación y levantamiento de la infraestructura.

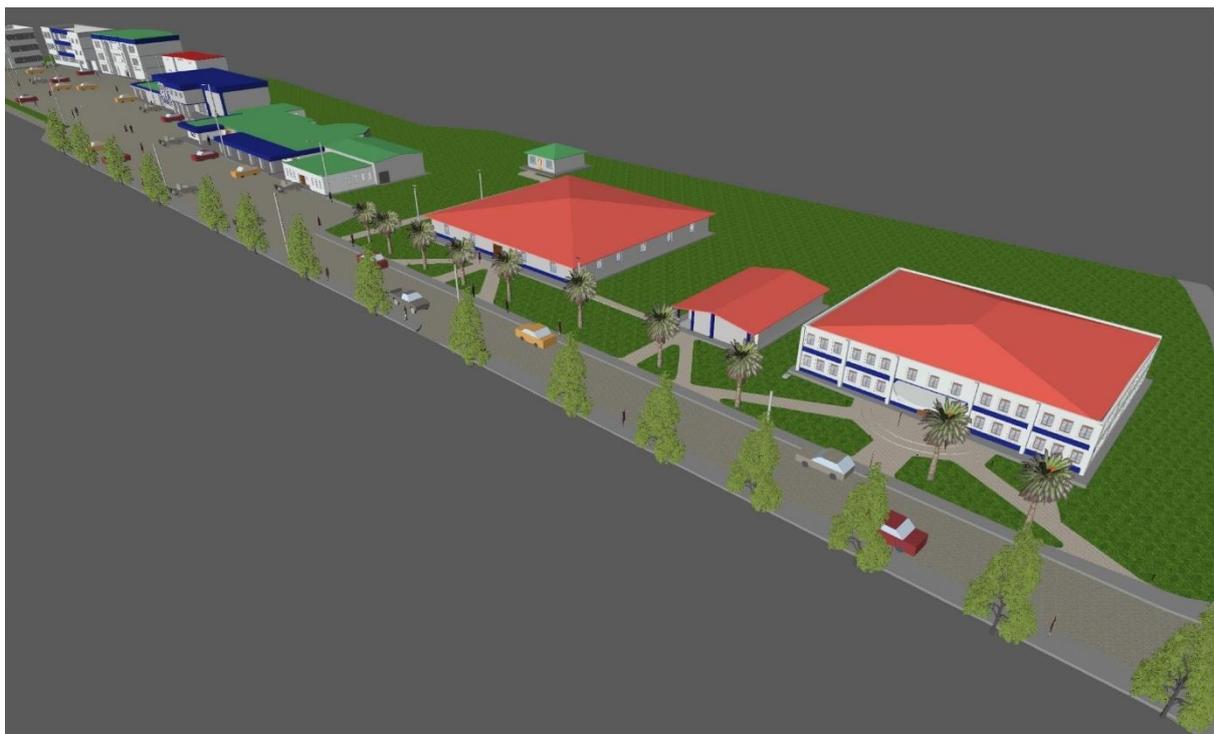
**Fuente:** El autor.



**Figura 41.** Modelación de los detalles de la infraestructura.

**Fuente:** El autor.

Una vez terminada la modelación, se procedió con la aplicación de materiales y colores en los bocetos, añadiendo de igual manera los complementos como son aceras, pasillos vegetación etc. Dando como resultado la simulación 3D de nuestra área de estudio tal y como se aprecia en la **Figura 42**.

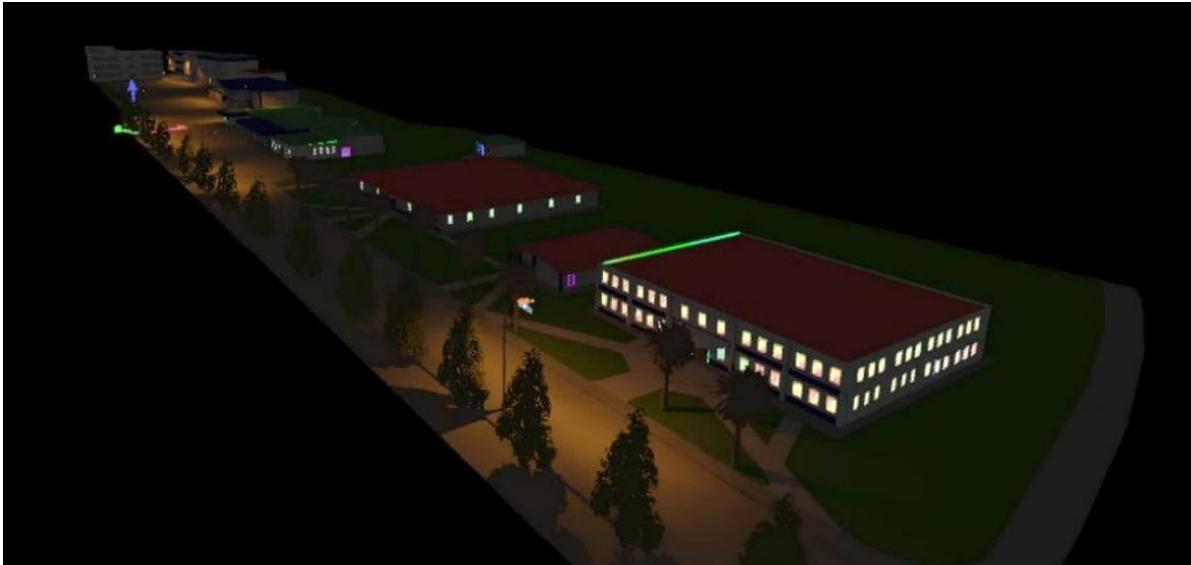


**Figura 42.** Simulación 3D de nuestra área de estudio.

**Fuente:** El autor

### 6.2.2 Simulación del estado actual de luminarias

Haciendo uso del software DIALux se realizó la simulación de la situación actual del área de estudio, obteniéndose una clara demostración de la situación actual y la poca iluminación del área, tal como se muestra en las gráficas de la **Figura 43** y **Figura 44**.



**Figura 43.** Simulación del sistema actual de iluminación en la entrada a la facultad.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor.



**Figura 44.** Simulación del sistema actual de iluminación del área de parqueaderos.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor.

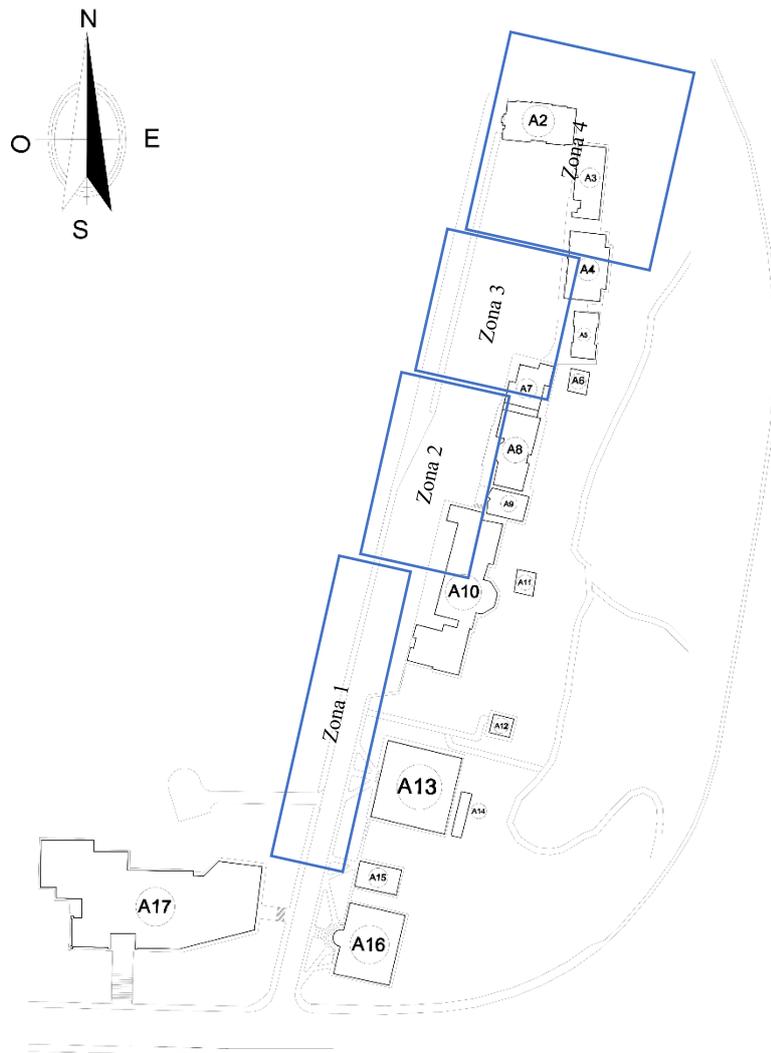
### **6.2.3 *Diseño de alumbrado publico***

Para la implementación de un nuevo sistema de iluminación, primeramente, se basó en los requerimientos que establece la normativa para cada clase de alumbrado, tal y como se muestra en el capítulo 4.4, esta selección de clase de alumbrado se realizó en función de:

- Utilización de la vía: cantidad de tráfico de vehículos, personas, ciclistas, etc.
- Dificultad de la tarea de conducción.
- Tipo de cruce.
- Nivel de luminosidad del entorno.
- Separación de calzadas.
- Seguridad para las personas.

#### **6.2.3.1 Determinación de los tipos de vías existentes**

Para la selección de vía donde se diseñará el sistema de alumbrado público, el área debe cumplir ciertas condiciones establecidas, por consiguiente, se ha logrado establecer cuatro zonas específicas dentro de la facultad tal como se muestra en la **Figura 45**. En donde se aprecias cada uno de las diferentes zonas de estudio con sus respectivas medidas descritas en la **Tabla 18**.



**Figura 45.** Clasificación de zonas de la facultad.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor.

**Tabla 18.** Medidas de las zonas de estudio.

	<b>Zona</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>
1	Vía de acceso a la facultad	110	6.5
2	Parqueaderos 2	69	16
3	Parqueadero 3	53	19
4	Parqueadero 4	72	29

**Fuente.** El autor

### **6.2.3.2 Consideraciones generales**

Basados en la normativa de diseño se considera las siguientes variables para la implementación del nuevo sistema de iluminación.

- Tipo de vía: M4.
- Zona de vía: Disposición unilateral.
- Zona de parqueadero: Área de estacionamiento de escuelas, iglesias centros comerciales y complejos deportivos.
- Altura de montaje: entre 8 a 8.5 m.
- Longitud del brazo: 1.5 m.
- Angulo de inclinación: 15 grados.
- La distancia considerada para la ubicación del poste, será 0.25 m, desde el borde de la calzada al eje del poste.
- Pavimento: clase R3, coeficiente de luminancia medio  $Q_0$  de 0.07.
- Interdistancia: entre 35 y 40 m.
- Factor de mantenimiento: 0.89.
- Red eléctrica de sistema de iluminación subterránea.

### **6.2.4 Red de baja tensión**

En la red eléctrica se realizan las modificaciones descritas en el plano del **Anexo 13**

#### **6.2.4.1 Postes**

Los postes #143886, #143887, #143888, #143889, #143890, #143891, #502759 y #502349, serán sustituidos postes circulares de plástico reforzado con fibra de vidrio, 10 m con carga de rotura horizontal de 400 kg.

Adicional se implementó 7 postes más para la iluminación de los parqueaderos, siendo un total de 15 postes a implementarse.

#### **6.2.4.2 Transición de aérea a subterránea**

La transición se dará en el poste #225687, desde la red aérea del transformador del #16947 hacia el pozo PZ1, los cuales se puede observar en los planos del **Anexo 14**.

#### **6.2.5 Obra civil**

La obra civil que se construirá en el proyecto del sistema de iluminación constará de: banco de ductos, zanjas y pozos.

##### **6.2.5.1 Banco de ductos**

Para los bancos de ductos se deberá considerar:

- Material: Tubería PVC de pared estructurada e interior lisa.
- Profundidad mínima: 40 cm (lugares no transitados por vehículos).
- Profundidad mínima: 60 cm (lugares transitados por vehículos).
- Configuración (fila x columna): 1x2.
- Diámetro exterior del tubo (D): 50 mm
- Diámetro exterior del tubo (D): 110 mm
- Espacio entre tubos (e): 5 cm.
- Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (x): 10 cm.

##### **6.2.5.2 Zanjas**

Para el ancho de las zanjas se empleó la formula del manual de construcción de redes subterráneas.

$$Bd = N * D + (N-1)e + 2x$$

Donde:

Bd: Ancho de la zanja.

N: Número de tubos (vías) en sentido horizontal.

D: Diámetro exterior del tubo.

e: Espacio entre tubos (Mínimo 5 cm).

x: Distancia entre la tubería y la pared de la zanja. (Mínimo 10 cm)

Las zanjas se construirán de 35 cm de ancho para ductos tipo A y 47 cm de ancho para ductos tipo B con una profundidad de 40 cm para lugares no transitados por vehículos y 60 cm para lugares transitados por vehículos.

### 6.2.5.3 Pozos

Se deberá construir un total de 24 pozos, siendo 2 pozos tipo B en configuración 2x2 para la transición de red, 2 pozos tipo A en configuración 2x2 para la red de alumbrado público y acometidas y finalmente 20 pozos del tipo A0 únicamente para alumbrado público y medidores, el cual en la **Tabla 19**, se muestran los pozos a ocupar con sus respectivas medidas y aplicación.

**Tabla 19.** Características de los pozos según su aplicación.

<b>Tipos</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Aplicación</b>
A0	0.40	0.40	0.40	AP
A	0.60	0.60	0.75	AP-Acometida
B	0.90	0.90	0.90	MV-BV-AP
C	1.20	1.20	1.20	MV-BV-AP

**Fuente:** Manual de construcción EU (MEER, 2022)

## 6.2.6 Selección de luminarias

Una vez obtenido anteriormente las características civiles y luminotécnicas de nuestra área de estudio, se procedió con la búsqueda de las nuevas luminarias a instalarse en las zonas.

### 6.2.6.1 Iluminación vial

Se inició con una recopilación de información de empresas dedicados a la comercialización y distribución de luminarias destinadas al servicio de alumbrado público, mediante la adquisición de catálogos y precios de los diferentes productos que ofertan estas empresas.

A continuación, en la **Tabla 20** se muestran una recopilación de las mayores empresas orientadas a la iluminación en el mercado nacional.

**Tabla 20.** Empresas y marcas principales de iluminación.

<b>Empresa</b>	<b>Marca</b>	<b>País de origen</b>
Schröder Ecuador	Schreder	Alemania
	Green Star	EE.UU.
DathaLights	SHYLON	China
	GRAH Automotive	Eslovenia
Shanghái Feilo Acoustics	Sylvania	China
MLS	LEDVANCE	China

**Fuente:** El autor

Una vez obtenido los detalles y características de cada uno de los productos que ofrecen los fabricantes para el servicio de alumbrado público, se procedió con la sintetización de la información tomando en cuenta las principales características del producto según lo requerido por la norma.

Es por ello que a continuación en la **Tabla 21**, se aprecia los productos seleccionados con sus características para una posterior valoración y selección.

**Tabla 21.** Características principales de las luminarias seleccionadas.

<b>Características</b>	<b>SYLVANIA</b>	<b>SCHREDER</b>		<b>LEDVANCE</b>	
	LED STREET LIGHT SHARK	TECEO GEN2 1	YMER A	SKY Professional 7016918	SKY G3 7017836
<b>Potencia (W)</b>	90	95	100	150	150
<b>Tensión de operación (V)</b>	100-240	110-480	220-240	110-240	110-241
<b>Flujo luminoso (lm)</b>	10800	17593	14400	19500	22500
<b>Rendimiento Luminoso (lm/w)</b>	120	159.2	144	130	110
<b>Temperatura de color (K)</b>	5000	4000	4000	4000	4000
<b>Factor de potencia</b>	0.9	0.95	0.9	0.95	0.95
<b>Vida útil Promedio (h)</b>	100000	100000	100000	100000	100000
<b>Protección IP/IK</b>	IP66 / IK08	IP66 / IK08	IP66 / IK10	IP66 / IK08	IP66 / IK09

**Fuente:** Catálogos de luminarias

Luego de una exhaustiva revisión de los diferentes catálogos y fichas técnicas de la luminaria, la que mejor se acopla a nuestro caso de estudio debido a sus prestaciones y características fue el modelo TECEO GEN2 1 de la marca SCHREDER, siendo ideal para la iluminación de calles secundarias y plazas urbanas, la misma que se aprecia en la **Figura 46**, además de ser empleada en el software de simulación para su posterior análisis de implementación.



**Figura 46.** Luminaria TECEO GEN2 1.

**Fuente:** Schröder Ecuador.

Como justificación, para la utilización de una luminaria LED en el sistema de estudio, es necesario indicar que la instalación de este tipo de luminarias no requiere mayor complejidad, en comparación con las luminarias de vapor de sodio de alta presión.

#### **6.2.6.1.1** *Especificaciones técnicas de la luminaria*

En la **Tabla 22**, se expone detalles de las especificaciones.

**Tabla 22.** Características técnicas de la luminaria.

<b>Mecánicas</b>	
Dimensiones	690x305x135 mm
Peso	4.4 kg
Material	Aluminio
Lente	Vidrio templado, resistente a impactos
Montaje Universal	Estándar para brazo de entrada lateral, 2 tornillo M8 Platinado acero inoxidable
<b>Eléctricas</b>	
Tensión de operación	110/277 V
Rango de frecuencia	50/60 Hz
Factor de potencia	0.9
Protección a sobretensiones	10 kV
Distorsión armónica	<20 %
Corriente de funcionamiento	400 mA
<b>Ópticas</b>	
Fuente de luz	SMD Samsung

Flujo luminoso	10800 lm
Rendimiento Luminoso	120 lm/w
Temperatura de color	5000 k
CRI	>70
ULOR	0%
ULR	0%
Vida útil Promedio (h)	100000
<b>Electrónica</b>	
Control de regulación	1-10 V
Bi-potencia	50%
Control	Fotocélula, Detección de movimiento Dimerizable
<b>Ambientales</b>	
Rango temperatura de operación	-40°C/+40°C con efecto del viento

**Fuente:** Ficha técnica LED STREET LIGHT SHARK.

### 6.2.6.1 Iluminación ornamental

Con la recopilación de información de productos destinados a la iluminación ornamental se ha seleccionado de reflectores de la marca LEDEX el cual se lo evidencia en la **Figura 47** mismo que están diseñados para montaje de exteriores, además de contar con panel solar.



**Figura 47.** LEDEX Bolardo solar.

**Fuente:** LEDEX Ecuador.

#### 6.2.6.1.1 Especificaciones técnicas

En la **Tabla 23**, se expone detalles de las especificaciones generales.

**Tabla 23.** Características técnicas de la luminaria.

<b>Mecánicas</b>	
Dimensiones	885x160 mm
Material	Aluminio
<b>Ópticas</b>	
Flujo luminoso	400 lm

Temperatura de color	3000 k
<b>Electrónica</b>	
Fuente de energía	Panel solar
Potencia	3 W
Control	Fotocélula, Detección de movimiento Dimerizable

**Fuente:** Ficha técnica LEDEX Bolardo Solar.

Para el caso de estas luminarias no se requiere un estudio luminotécnico del mismo puesto que la función de las mismas se basa en dar un realce y vida a espacios públicos y fachadas resaltando la zona en horarios nocturnos.

### 6.2.7 *Cálculo de caída de tensión*

Para obtener la caída de tensión, se definieron varias variables clave para su cálculo, incluyendo el diámetro mínimo sugerido del conductor según las recomendaciones de la normativa de diseño para redes eléctricas, el factor de caída de tensión el cual se definió en base al calibre del conductor utilizado, se consideraron las variables relacionadas con la potencia eléctrica del sistema, el factor de potencia de las luminarias instaladas en la red eléctrica y la caída máxima permisible de tensión de la normativa correspondiente, estos valores se muestra en la **Tabla 24**.

**Tabla 24.** Valores para cálculo de caída de tensión.

DV máx. %	Potencia lámpara (W)	Fp ( $\phi$ )	Conductor	FDV
2	95	0.95	2x6(6) TTU	185

**Fuente:** El autor.

Siguiendo el formato de cómputo de caída de tensiones establecido en la normativa, se procedió a realizar el cálculo correspondiente.

Los resultados de este cálculo se presentan en la **Tabla 25**, la tabla completa puede consultarse en el **Anexo 10**.

**Tabla 25.** Resultados de cálculo de caída de tensión.

<b>REFERE N.</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>No. DE CONSUMID</b>	<b>kVA DE AP</b>	<b>DMD (kVA.)</b>	<b>M.P (kVA x m)</b>	<b>DV % ACUMUL</b>
PZ1-PZ3	39.8	0	1.7	0	67.66	
PZ3-PZ4	34	0	1.6	0	54.40	
PZ4-PZ5	34	0	1.5	0	51.00	
PZ5-PZ6	34	0	1.4	0	47.60	
PZ6-PZ7	34.5	0	1.3	0	44.85	
PZ7-PZ8	34	0	1.2	0	40.80	
PZ8-PZ9	30	0	0.1	0	3	<b>1.67</b>
PZ8-PZ10	19	0	1	0	19.00	
PZ10-PZ12	31.3	0	0.3	0	9.39	
PZ12-PZ13	20.8	0	0.2	0	4.16	
PZ13-PZ14	34	0	0.1	0	3.40	<b>1.85</b>
PZ10-PZ15	6.8	0	0.7	0	4.76	
PZ15-PZ16	17.4	0	0.6	0	10.44	
PZ16-PZ17	6.7	0	0.1	0	0.67	<b>1.84</b>
PZ15-PZ18	47.4	0	0.5	0	23.70	
PZ18-PZ19	30	0	0.3	0	9	
PZ19-PZ22	28.45	0	0.1	0	2.85	<b>1.98</b>
PZ3-PZ24	17	1	0	2.49	42.36	<b>0.59</b>
PZ4-PZ23	17.2	1	0	2.49	42.85	<b>0.89</b>
<b>DV máximo%</b>						<b>1.98</b>

**Fuente:** El autor.

En base al resultado se puede constatar que el valor máximo de caída de tensión cumple según lo establecido por la normativa técnica de diseño, obteniendo un valor menor al 2% establecido en la normativa.

## **6.2.8 Simulación del sistema propuesto**

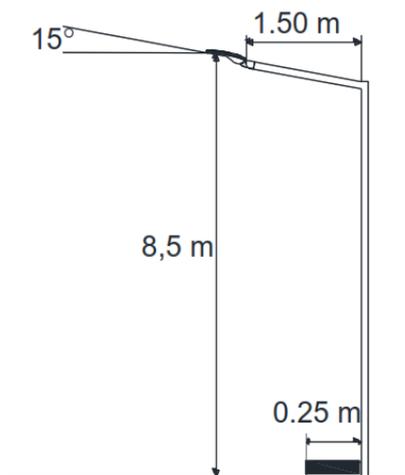
### **6.2.8.1 Simulación luminotécnica**

Para la simulación del sistema de iluminación se empleó la herramienta cálculo del software DIALux evo®, mediante el cual se evaluó el cumplimiento de las especificaciones lumínicas que deberá tener nuestro caso de estudio de acuerdo a la Normativa vigente.

### 6.2.8.1.1 Simulación zona 1

En la **Figura 48**, se muestra el tipo de montaje, en la cual se visualiza la altura del punto de luz suspendida en el mástil con una inclinación en las luminarias a fin de mejorar la uniformidad de iluminación de la zona.

De igual manera en la **Figura 49**, se muestra la simulación 3D con la implementación de las nuevas luminarias con los respectivos resultados del cálculo luminotécnico en curvas isolux y colores falsos tal y como se muestra en la **Figura 50**.



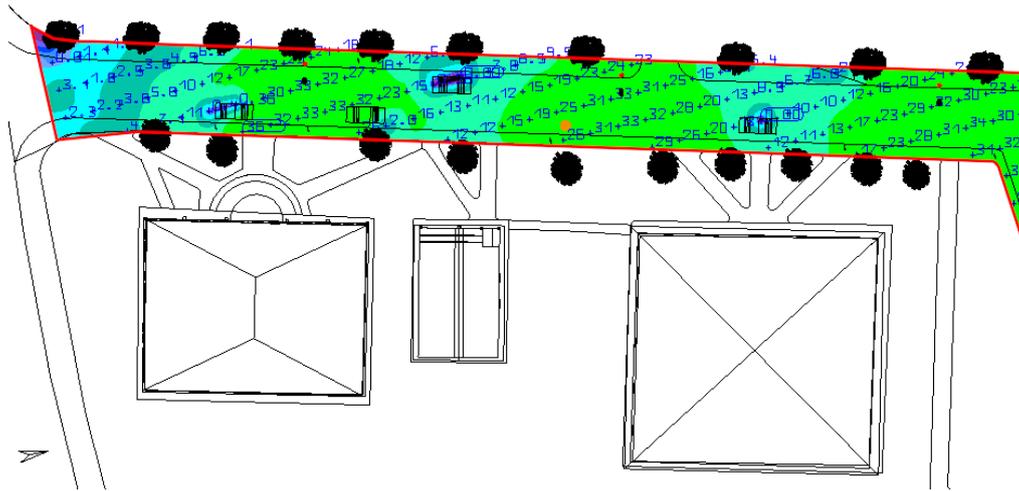
**Figura 48.** Disposición de iluminación de zona 1.

**Fuente:** El autor



**Figura 49.** Simulación de la entrada a la facultad con la implementación.

**Fuente:** El autor

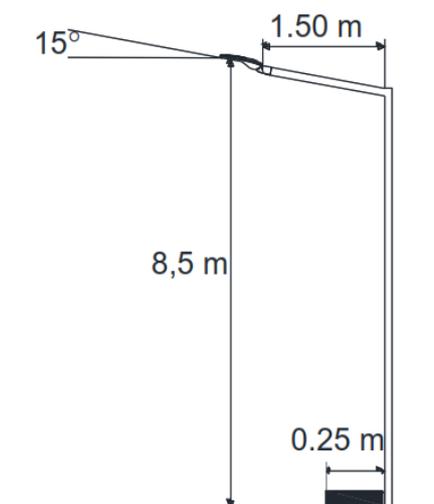


**Figura 50.** Resultados en líneas isolux y colores falsos.

**Fuente:** El autor

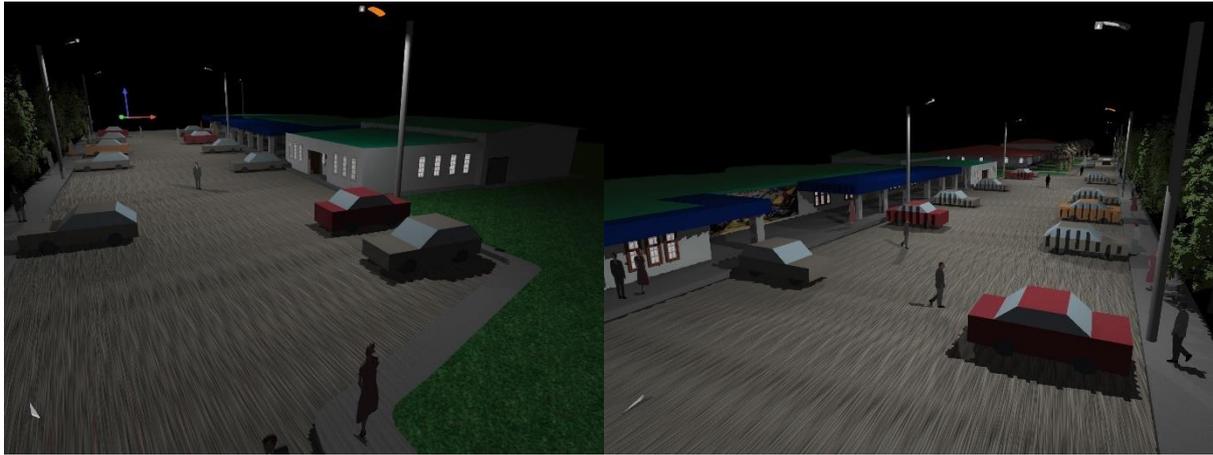
#### 6.2.8.1.2 Simulación zona 2

Para la zona 2 de acuerdo a la **Figura 51**, muestra el tipo de montaje aplicado para esta área, de igual manera en la **Figura 52**, se muestra la simulación 3D con la implementación de las nuevas luminarias con los respectivos resultados del cálculo luminotécnico en curvas isolux y colores falsos tal y como se muestra en la **Figura 53**.



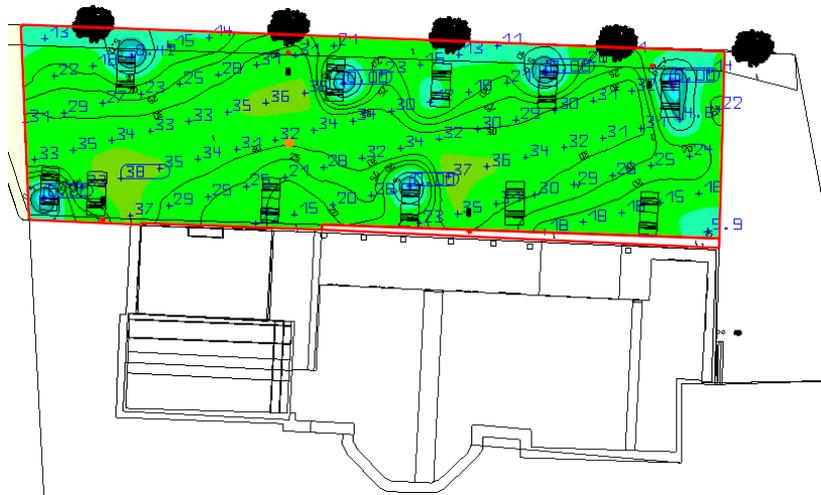
**Figura 51.** Disposición de iluminación de zona 2.

**Fuente:** El autor



**Figura 52.** Simulación 3D de la zona 2 con la implementación.

**Fuente:** El autor

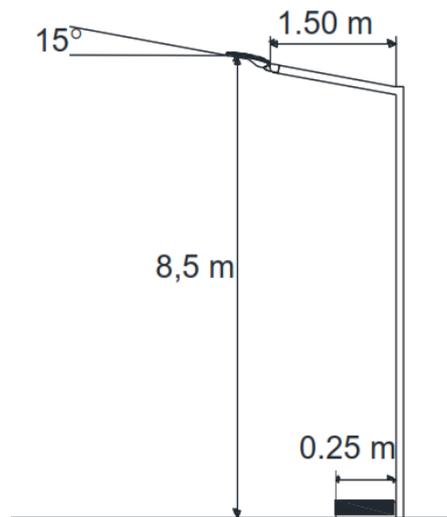


**Figura 53.** Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos de la zona 2.

**Fuente:** El autor

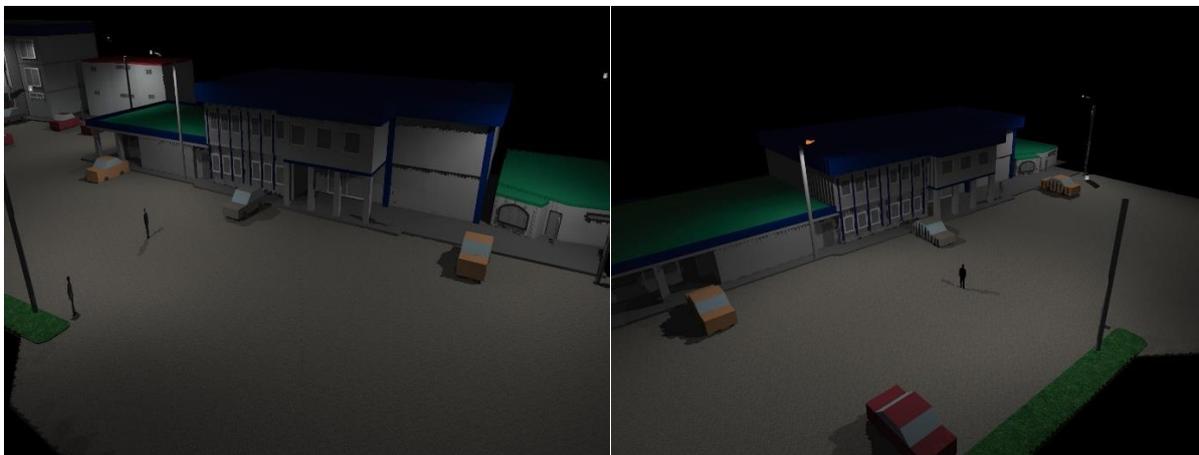
### 6.2.8.1.3 *Simulación zona 3*

Para la zona 3 de acuerdo a la **Figura 54**, muestra el tipo de montaje aplicado para esta área, de igual manera en la **Figura 55**, se muestra la simulación 3D con la implementación de las nuevas luminarias con los respectivos resultados del cálculo luminotécnico en curvas isolux y colores falsos tal y como se muestra en la **Figura 56**.



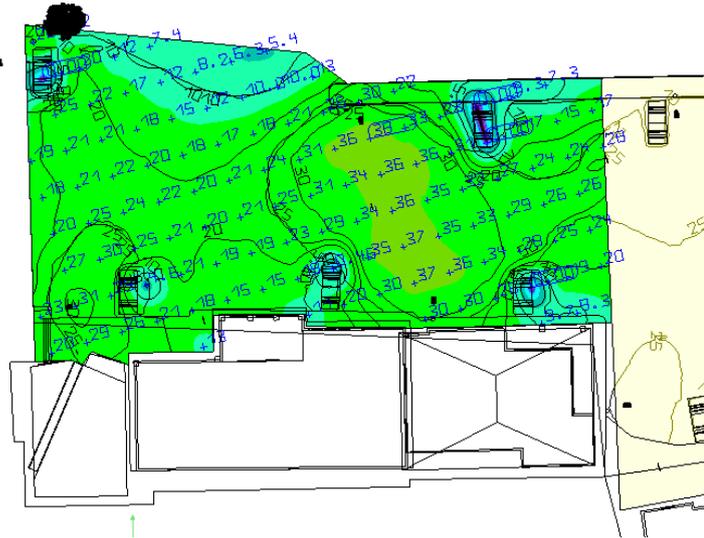
**Figura 54.** Disposición de luminaria para la zona 3.

**Fuente:** El autor



**Figura 55.** Simulación 3D con la implementación en la zona 3.

**Fuente:** El autor.

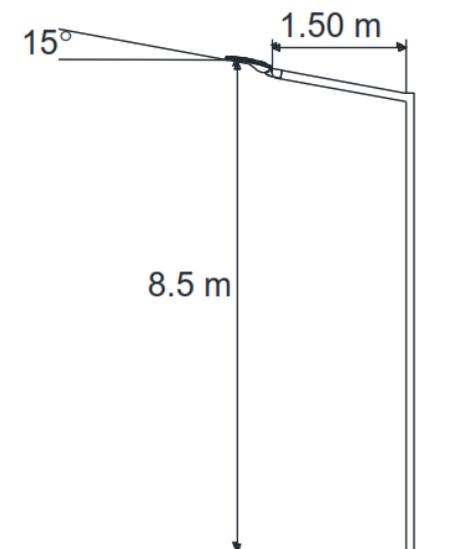


**Figura 56.** Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos en la zona 3.

**Fuente:** El autor.

#### 6.2.8.1.4 Simulación zona 4

Para la zona 4 de acuerdo a la **Figura 57**, muestra el tipo de montaje aplicado para esta área, de igual manera en la **Figura 58**, se muestra la simulación 3D con la implementación de las nuevas luminarias con los respectivos resultados del cálculo luminotécnico en curvas isolux y colores falsos tal y como se muestra en la **Figura 59**.



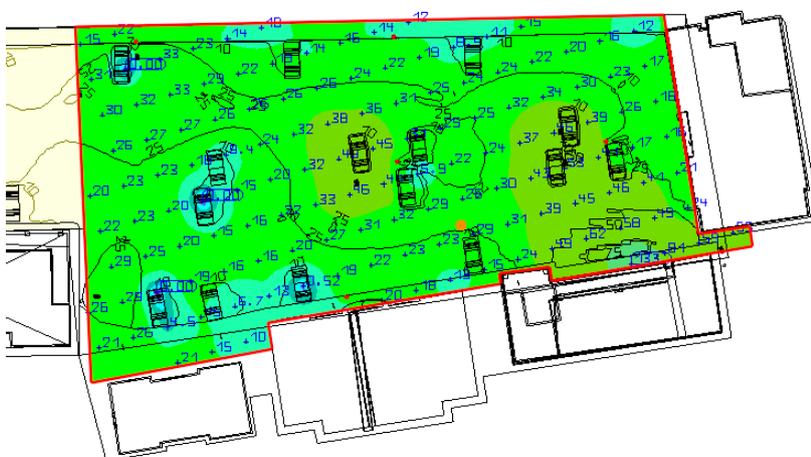
**Figura 57.** Disposición de luminaria para la zona 4.

**Fuente:** El autor.



**Figura 58.** Simulación 3D con la implementación en la zona 4.

**Fuente:** El autor.



**Figura 59.** Representación de resultados en líneas isolux y colores falsos de la zona 4.

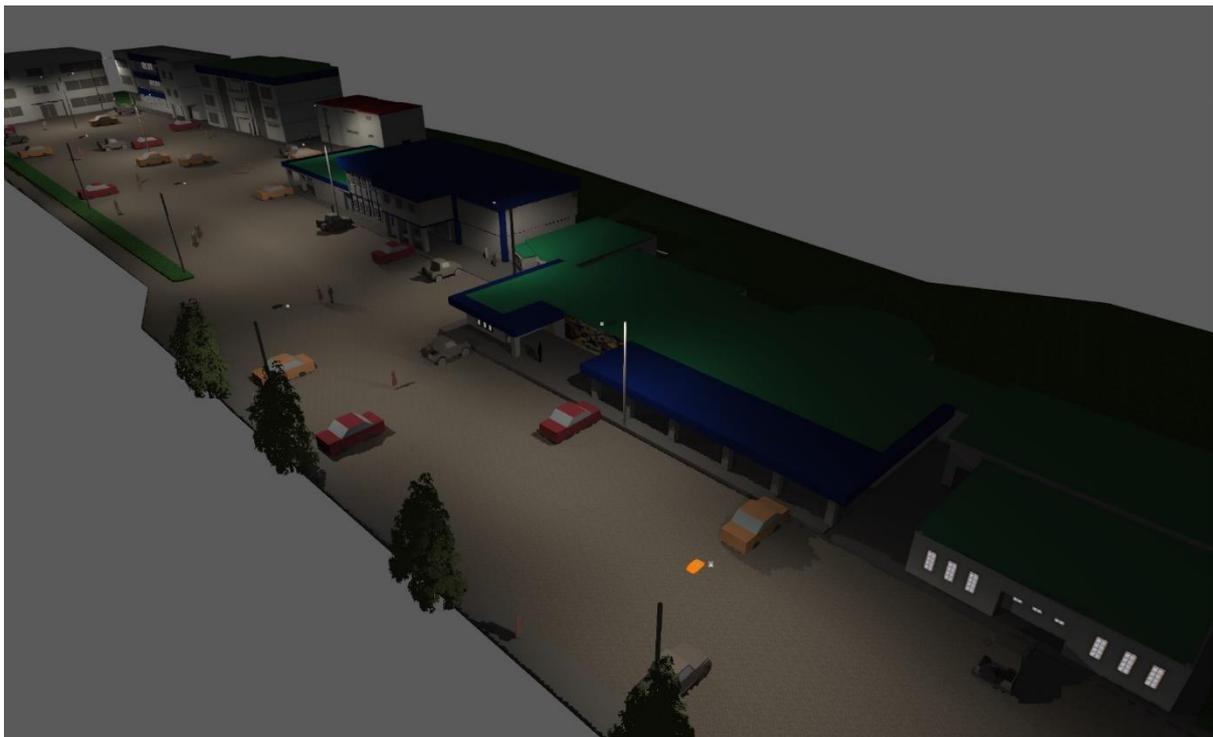
**Fuente:** El autor.

En la **Figura 60** y **Figura 61**, se muestran la simulación de iluminación propuesta para la F.E.I.R.N.N.R. de la Universidad Nacional de Loja.



**Figura 60.** Simulación del sistema de iluminación propuesto.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor.



**Figura 61.** Simulación del sistema de iluminación propuesto.

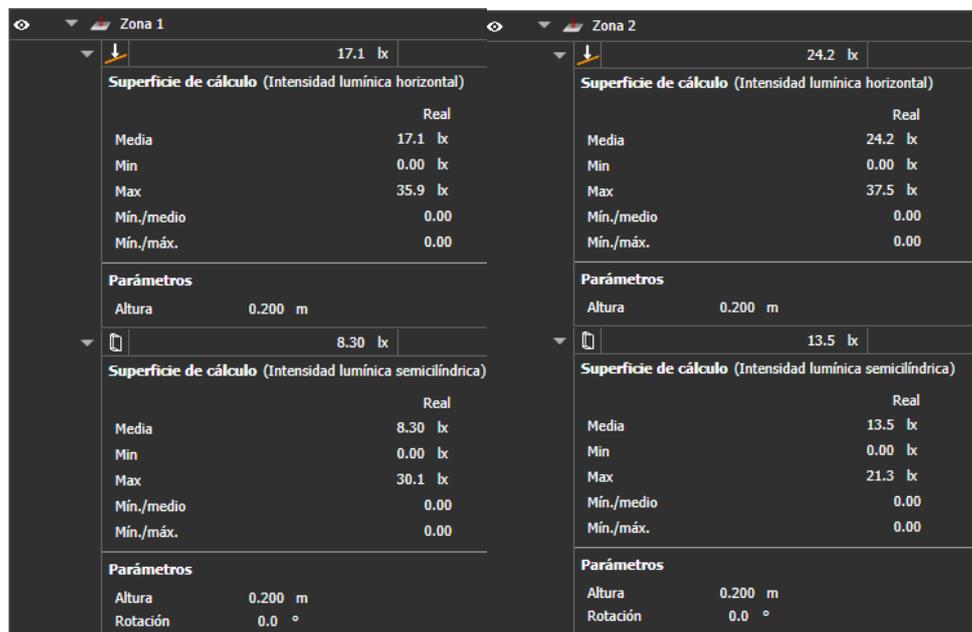
**Fuente:** DIALux evo®, El autor.

### 6.2.9 Validación de reemplazo de luminarias

Para la simulación del reemplazo y montaje de luminarias, se procedió a analizar las características del área de estudio donde se encuentran instaladas todas las luminarias.

Para el caso de la vía de acceso en la zona 1 y la zona 2 según la **Tabla 7**, son consideradas M4, ya que son vías secundarias de conexión. Por lo tanto, deben tener una luminancia mínima de 15 luxes y una cilíndrica promedio de 5 Luxes, el cual de acuerdo a la **Tabla 6** son consideradas para la iluminación peatonal el cual está clasificado de tipo P4

En la **Figura 62** se puede observar los resultados obtenidos al realizar la simulación, teniendo que la luminaria cumple con todos los parámetros fotométricos.



**Figura 62.** Resultados del cálculo fotométricos de la zona 1 y 2.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor

En la **Tabla 26** se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido para el tipo de vía M4 y peatonal P4.

**Tabla 26.** Parámetros fotométricos requeridos

Zona	Parámetro	Valor Normativa	Resultado de simulación
1	Luminancia mínima promedio (lx)	15	17.1
	Factor de uniformidad mínimo (Uo)	0.4	0.6
	Intensidad lumínica semicilíndrica promedio (lx)	5	8.3

2	Luminancia mínima promedio (lx)	20	24.2
	Intensidad lumínica semicilíndrica promedio (lx)	5	13.5

**Fuente:** El autor

Para el caso de la zona 3 y zona 4 se han considerado como parqueaderos y el cual de acuerdo a la normativa pertenece a un estacionamiento de área educativa por lo cual la iluminancia mínima requerida para esta zona es de 20 lx.

En la **Figura 63** se puede observar los resultados obtenidos al realizar las simulaciones de la zona 3 y zona 4 respectivamente.

zona 3		zona 4	
21.6 lx		26.4 lx	
<b>Superficie de cálculo (Intensidad lumínica horizontal)</b>		<b>Superficie de cálculo (Iluminancia perpendicular)</b>	
	Real		Real
Media	21.6 lx	Media	26.4 lx
Min	0.00 lx	Min	0.00 lx
Max	37.6 lx	Max	133 lx
Mín./medio	0.00	Mín./medio	0.00
Mín./máx.	0.00	Mín./máx.	0.00
<b>Parámetros</b>		<b>Parámetros</b>	
Altura	0.385 m	Altura	0.385 m
12.8 lx		17.1 lx	
<b>Superficie de cálculo (Intensidad lumínica semicilíndrica)</b>		<b>Superficie de cálculo (Intensidad lumínica semicilíndrica)</b>	
	Real		Real
Media	12.8 lx	Media	17.1 lx
Min	0.00 lx	Min	0.00 lx
Max	20.0 lx	Max	63.7 lx
Mín./medio	0.00	Mín./medio	0.00
Mín./máx.	0.00	Mín./máx.	0.00
<b>Parámetros</b>		<b>Parámetros</b>	
Altura	0.385 m	Altura	0.385 m
Rotación	0.0 °	Rotación	0.0 °

**Figura 63.** Resultados de cálculos fotométricos de la zona 3 y 4.

**Fuente:** DIALux evo®, El autor

En la **Tabla 27** se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido.

**Tabla 27.** Parámetros fotométricos requeridos

Zona	Parámetro	Valor Normativa	Resultado de simulación
3	Luminancia mínima promedio (lx)	20	20.8
	Intensidad lumínica semicilíndrica promedio (lx)	5	11.6
4	Luminancia mínima promedio (lx)	20	23.4
	Intensidad lumínica semicilíndrica promedio (lx)	5	17.9

**Fuente:** El autor

### 6.3 Evaluación técnico económico de la implementación del sistema de iluminación

Una vez obtenido los resultados en las cuales las luminarias cumplen con los parámetros requeridos por la normativa, se procedió a evaluar si el cambio es viable económicamente.

Se tomaron en cuenta los costos de inversión, los costos de mantenimiento y los costos de energía para así determinar definitivamente si su implementación, es factible para un reemplazo del sistema actual.

#### 6.3.1 Costos de implementación

El costo del proyecto, requirió un análisis de precios unitarios de los equipos a emplearse en el proyecto, de igual manera la mano de obra y materiales necesarios para la ejecución del mismo.

En la **Tabla 28**, se muestra el costo total del proyecto, tomando la mano de obra y materiales requeridos para la implementación de para la zona de estudio.

**Tabla 28.** Costo total del proyecto.

<b>Análisis de precios unitarios (APU)</b>					
<b>PROYECTO:</b> Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la F.E.I.R.N.N.R de la Universidad Nacional de Loja.					
<b>PRESUPUESTO PROYECCIÓN</b>					
<b>COD.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Replanteo de estructuras	u	15	25.82	387.30
2	Retiro de postes H.A. de 9 a 12 m, con grúa	u	8	20.31	162.48
3	Montaje Poste circular de plástico reforzado con fibra de vidrio, 10 m x 400 kg	u	15	688.89	10 333.42
4	Montaje de Alumbrado Público TECEO GEN2 95W	u	17	394.52	6 706.79
5	Conductor de Aluminio aislado, 600 V, tipo TTU, 6 AWG, 7 hilos	m	1 260	1.21	1 525
6	Desarmado de estructura secundaria tipo ESD-3EP, 4EP ó 5EP	u	1	11.32	11.32
7	Desmontaje de luminaria, potencia hasta 150 W	u	10	13.80	138
8	Conector estanco simple dentado de 25-95 mm <sup>2</sup>	u	5	3.57	17.85

9	Desarmado y retiro de tensor farol simple o doble, FS ó FD	u	2	18.06	36.12
10	Cable de Cu, concéntrico, cableado, 600 V, ST, 3 x 12 AWG, 7 hilos	m	391	1.87	731.17
11	Banco de ductos con configuración 1x2 de 50 mm, EU0-0B1x2A	m3	60	30.57	1 834.20
12	Banco de ductos con configuración 2x2 de 110 mm, EU0-0B2x2B	m3	3	30.57	91.71
13	Banco de ductos con configuración 2x2 de 50 mm, EU0-0B2x2A	m3	12	30.57	366.84
14	Tubería PVC reforzado para banco de ductos de Ø 110 mm - incluye instalación	m	36	3	108
15	Tubería PVC reforzado para banco de ductos de Ø 50 mm - incluye instalación	m	1.146	2.75	3 151.50
16	Pozo para redes subterráneas, tipo A0 EU0-0P	u	20	130	2 600
17	Pozo para redes subterráneas, tipo A EU0-0P	u	2	170	340
18	Pozo para redes subterráneas, tipo B EU0-0P	u	2	210	420
19	Empalme de Derivación en Gel sumergible, Baja tensión tipo GHFC-2	u	34	25.29	859.86
20	Kit de Barraje de distribución en baja tensión 2F-3C, Tipo "GELPORT" 4 Vías, incluye accesorios de sujeción en pozo	u	3	133.30	399.90
21	Transición de redes aéreas a subterr. en B. V. desde red preensamblada, 2 fases, SSD-2RP	u	1	153.43	153.43
22	Colocación de canalización y tendido del conductor	c/m	297	12.51	3 715.47
23	Reposición de hormigón en veredas por excavación de huecos para postes y tensores	m2	9	58.74	528.66
24	Rotura de asfalto en calzada o vereda para red subterránea	m	500	14.77	7 385
25	Excavación de zanja de 40 cm de ancho x 60 cm de profundidad, incluye reposición.	m3	120	7.42	890.40
26	Reposición de calzada de 20x40 cm, con hormigón simple fc 210 kg/cm2.	m	40	46.01	1 840.40

27	Reposición de bordillo, con hormigón simple fc 210 kg/cm2, incluye rotura y desalajo	m	40	44.41	1 776.40
28	Pruebas de Luminancia	u	1	312.82	312.82
29	Pruebas de Iluminancia	u	1	266.82	266.82
30	Bolardo solar LEDEX 3W	u	12	63.25	759
<b>Total, USD \$</b>					<b>47 299.68</b>

**Fuente:** El autor

La implementación total del proyecto tendrá un costo de \$ 47 299.68 dólares americanos.

### 6.3.2 Costos de mantenimiento

Basándose primeramente en el instructivo de la CNELEP del mantenimiento de luminarias de alumbrado público, en cual detalla el tiempo de vida útil de los componentes que conforman el sistema de alumbrado público.

En la **Tabla 29**, se muestra la información mencionada, misma que fue empleada para los cálculos correspondientes al mantenimiento de luminarias.

**Tabla 29.** Tiempo de vida útil estimado para cada componente.

Componente	Tipo	Potencia	Tiempo estimado de vida útil
Balastro	Electromagnético	100/150/250/400	7 años
Lámpara	Vapor de sodio de alta presión	100/150/250/400	3 años
Ignitor	Vapor de sodio de alta presión	100/150/250/400	7 años
Capacitor	Vapor de sodio de alta presión	100/150/250/400	4 años
Base Socket	-	100/150/250/400	7 años
Fotocontrol	-	100/150/250/400	7 años
Luminaria	-	100/150/250/400	7 años

**Fuente:** CNELEP

Los cálculos fueron realizados con una proyección de 12 años, tiempo de vida útil de las luminarias LED según las especificaciones del fabricante, este tiempo permitirá una comparación igual de 12 años para las luminarias de vapor de sodio.

En la **Tabla 30** podemos observar de manera resumida los cambios necesarios dentro del tiempo de vida útil del proyecto para el correcto funcionamiento de las luminarias.

**Tabla 30.** Plan de mantenimiento de las luminarias.

<b>Luminaria NA</b>		<b>Luminaria LED</b>	
<b>Componente</b>	<b>Cambios</b>	<b>Componente</b>	<b>Año de cambio</b>
Balastro	1	Base Socket	1
Ignitor	1	Fotocontrol	1
Capacitor	3		
Base Socket	1		
Fotocontrol	1		
Lámpara	4		
Conector	1		
Cable	1		
Luminaria	1		

**Fuente:** El autor.

Se requirió de una tasa de crecimiento para el cálculo de mantenimiento tanto en materiales como en mano de obra, estos datos fueron obtenidos del INEC el cual indica la tasa de crecimiento en cuanto a aparatos y, material eléctrico tiene una tasa de crecimiento desde el 2022 a finales de este 2023 año de un 0.2037%.

En cuanto a costos de mano de obra se basó en el salario básico unificado, el cual ha tenido un incremento desde el 2022 de \$ 425 hasta el 2023 en \$ 450 representando un incremento del 5.88%.

Dichos valores se emplearon para el cálculo de mantenimiento de las luminarias dando como resultado los valores representados en la **Tabla 31**.

**Tabla 31.** Costos de mantenimiento.

Año	Luminaria Na			Luminaria LED		
	Material	Mano de obra	Total	Material	Mano de obra	Total
0						
1						
2						
3	\$ 7.18	\$ 18.86	\$ 26.04			
4	\$ 12.70	\$ 19.97	\$ 32.67			
5						
6	\$ 7.23	\$ 22.39	\$ 29.62			
7	\$ 89.92	\$ 15.89	\$ 105.81	\$ 15.82	\$ 13.39	\$ 29.21
8						
9	\$ 7.27	\$ 26.57	\$ 33.85			
10						
11						
12	\$ 7.32	\$ 31.54	\$ 38.86			
	Costo de mantenimiento		\$ 266.85			\$ 29.21
	Nro. lámparas		10			17
	<b>Costo total</b>		<b>\$ 2 668.49</b>			<b>\$ 496.62</b>

**Fuente:** El autor.

### 6.3.3 Costos de energía

El análisis de costos se realizó en tablas comparativas entre las luminarias que van a ser reemplazadas. Se ha tomado en consideración el precio de la energía, el consumo anual y el consumo proyectado para los 12 años.

En la **Tabla 32**, se muestra los resultados generales de los cálculos del consumo de las luminarias.

**Tabla 32.** Costos de energía.

Luminaria NA			Luminaria LED		
Consumo Anual (kWh)	Costo 1 año (USD)	Costo 12 años (USD)	Consumo Anual (kWh)	Costo 1 año (USD)	Costo 12 años (USD)
8 316.02	\$ 831.60	<b>\$ 9 979.20</b>	4 767.48	\$ 476.75	<b>\$ 5 720.98</b>

**Fuente:** El autor.

### 6.3.4 Ahorro por implementación

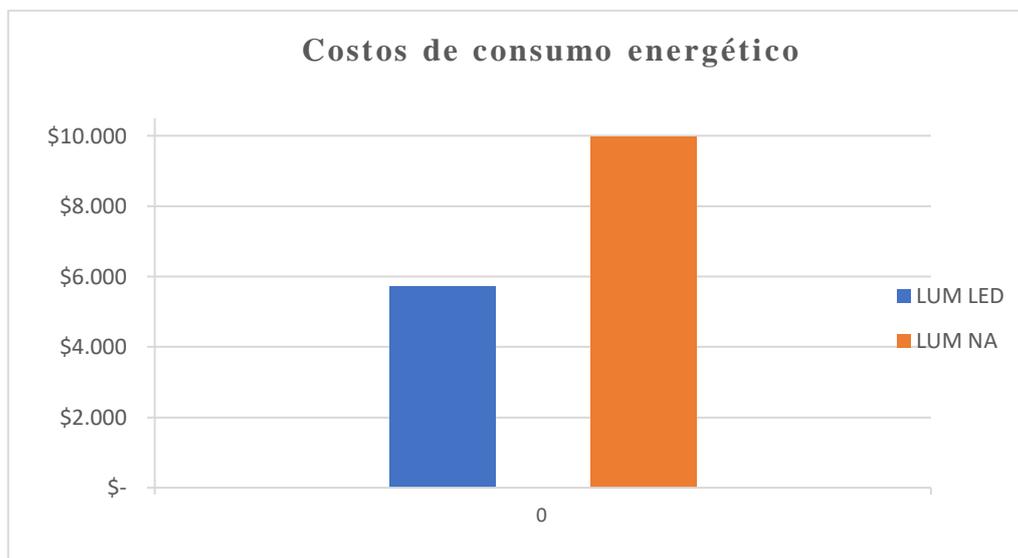
En la **Tabla 33**, se muestra el estudio y comparación del ahorro que representa la sustitución de lámparas de vapor de sodio a iluminarias tipo leds.

En la **Figura 64** y **Figura 65** se muestra la representación gráfica de la comparación de costos de las luminarias de vapor de sodio frente a las lámparas tipo led.

**Tabla 33.** Comparación de ahorro por la implementación.

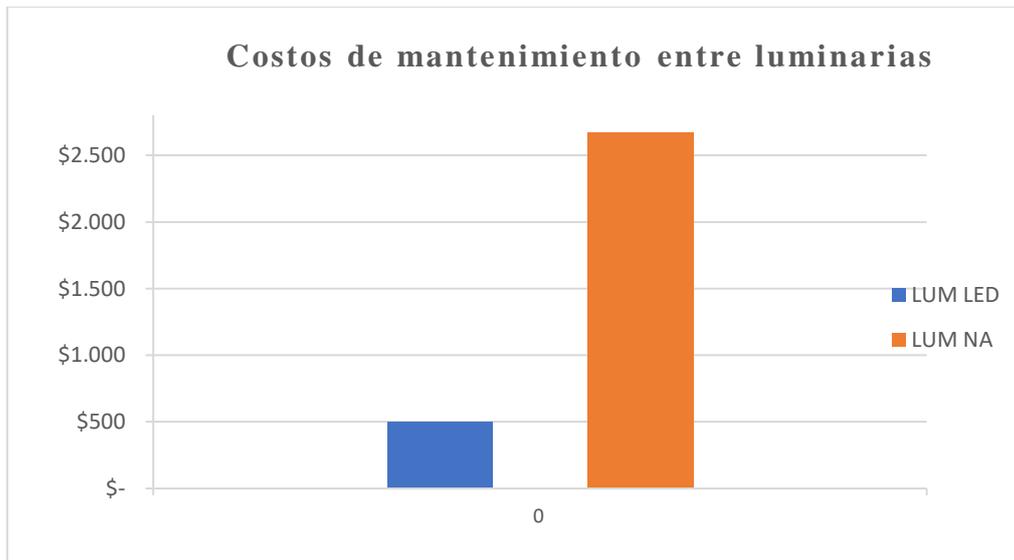
Descripción	Luminaria Na	Luminaria LED	Ahorro
Costos energéticos	\$ 9 979.20	\$ 5 720.98	\$ 4 258.22
Costos de mantenimiento	\$ 7 866.54	\$ 496.62	\$ 7 369.92
	<b>Total</b>		<b>\$ 9 694.60</b>

**Fuente:** El autor



**Figura 64.** Representación gráfica de la comparación de costos de consumo energético.

**Fuente:** El autor.



**Figura 65.** Representación gráfica de la comparación de costos de mantenimiento.

**Fuente:** El autor.

### 6.3.5 Evaluación de la implementación

Para la evaluación de la factibilidad de implementación del proyecto de alumbrado público, se analiza el beneficio y eficiencia, definiendo la factibilidad en cuanto al ámbito social y ambiental.

#### 6.3.5.1 Beneficio

- Reducción del crimen y delincuencia, pues la mejora en la iluminación pública reduce la prevalencia de estos actos de crimen.
- Mayor luminosidad de las zonas pública, puesto que zonas bien iluminadas ofrecen seguridad para que las personas transiten por las calles en horas de la noche.
- Mejora en la calidad de vida, haciendo más agradable el aspecto de las calles la cual permite las actividades nocturnas.
- Desarrollo económico ya que la iluminación es fundamental para el desarrollo de la actividad económica.

### **6.3.5.2 Eficiencia**

- Las luces LED son más duraderas y requieren menos mantenimiento, lo que también reduce los costos operativos siendo lo más relevante a considerar por los ahorros que estas tecnologías generan.
- Los materiales utilizados en los componentes de las lámparas instaladas son altamente contaminantes para el medio ambiente. Estos incluyen gases y metales pesados como el plomo y el mercurio, los cuales son sustancias extremadamente tóxicas y dañinas para el entorno.
- El alumbrado público LED es más eficiente energéticamente, reduciendo el consumo de energía y disminuyendo la contaminación lumínica.

La implementación de un nuevo sistema de alumbrado público trae consigo varios beneficios, por lo tanto, basados en este ámbito se puede decir que el proyecto resulta factible ya que los beneficios sociales y ambiental que generan con llevan a un mejor uso de energía, y sobre todo brindar seguridad y mejor calidad de vida a las personas.

## 7. Discusión

Basándose en las mediciones, cálculos luminotécnicos e inspecciones viales, se pudo corroborar que el estado y calidad de iluminación del área no es la adecuada, debido al mal estado en que estas se encuentran, impidiendo un correcto funcionamiento y prestación del servicio, es así que la iluminancia media en la mayoría de estos está por debajo de lo que establece la norma el cual es de 12 lux, dichas mediciones se basaron en el método simplificado de los 9 puntos expuesto por la norma del real decreto 1890/2008.

El estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, tienen como objeto dar solución al ineficiente sistema de iluminación con el que cuenta actualmente, por ello, los equipos y materiales del sistema de iluminación propuesto, cumplen con la norma de iluminación vial, normas de construcción y eléctrica presentes en la normativa ARCONEL 006/20 y la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA).

Con los antecedentes antes mencionado se proyecta proponer un sistema de iluminación más eficiente otorgando una mejor calidad lumínica y generando ahorro en los costes de energía, para esto se decidió un traspaso de todas las luminarias hacia la tecnología led, las mismas con la capacidad de programarse con perfiles de regulación en intervalos de tiempo y niveles de luz, produciendo este sistema de regulación personalizado un ahorro de energía máximo, respetando a su vez los niveles de iluminación requeridos y la uniformidad durante toda la noche.

Se establecieron luminarias de buenas prestaciones acordes a lo exigido por la norma dando como resultado una iluminación de mejor calidad y generando ahorros energéticos y económicos, es así que solo con la implementación led se logró un ahorro energético de 32%.

Para identificar el costo total del proyecto, inicialmente se elaboró un análisis de precios unitarios (APU), permitiendo conocer costos de mano de obra utilizada, además de cada uno

de los materiales empleados en el mismo, además de una evaluación de costos en cuanto al mantenimiento de las mismas.

De acuerdo con los fabricantes, la vida útil promedio de la luminaria led es de 100000 horas siendo 12 años aproximadamente de vida útil del proyecto, haciéndolo viable técnicamente y aportando beneficios económicos y ambientales.

En síntesis, la implementación del nuevo sistema de iluminación, aporta varios beneficios a la zona, siendo principalmente la mejora de la calidad de iluminación, brindando seguridad y confort visual para los usuarios.

## 8. Conclusiones

- Al evaluar y diagnosticar el estado actual del sistema de iluminación público de la FEIRNNR, se evidencia que en su mayoría no cumplen con los niveles mínimos de iluminación establecido por la norma mismo que a través de un estudio, implementación y sustitución de luminarias se pudo obtener valores que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa CIE-115.
- Mediante una evaluación y caracterización del área de estudio, se seleccionaron luminarias tipo LED para la iluminación de la facultad, misma que cumple con las características mecánicas, eléctricas y lumínicas establecidos por la norma, el cual a través de los resultados obtenidos en el software DIALux evo® se pudo comprobar que la implementación cumple con los parámetros luminotécnicos establecidos en las normativas.
- La implementación de alumbrado público con tecnología LED es viable técnicamente, ofreciendo beneficios económicos y ambientales, aunque requiere de un mayor análisis financiero para determinar su factibilidad económica, puesto que requiere una inversión inicial alta excediendo los ingresos y ahorros generados a lo largo de la vida útil del sistema.

## **9. Recomendaciones**

- Al tomar las mediciones de iluminancia promedio con ayuda de un luxómetro, se debe evitar hacer sombra al equipo y dejar que el valor se estabilice por lo menos 5 minutos, además, tener en cuenta la altura de trabajo donde se coloca el dispositivo para la medición.
- Al momento de seleccionar el tipo de luminarias a utilizar, no considerar el precio, más bien se debe considerar sus especificaciones técnicas de funcionamiento, prestaciones y construcción, de modo que, se adapten al diseño y al cumplimiento de la normativa de iluminación vial del país.
- Es recomendable realizar un estudio detallado del sistema de alumbrado público del resto de alrededores del campus universitario a fin de generar más ahorros energéticos y monetarios y de permitir mejorar la estética general de la institución educativa creando espacios más llamativo y agradable para los usuarios y así mejorar la imagen de la institución.

## 10. Bibliografía

- Anfalum. (2015). *Guía sobre tecnología LED en alumbrado*. Madrid, España. Recuperado el 5 de Mayo de 2023, de <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2018/07/Guia-sobre-Tecnologia-LED-en-el-Alumbrado-fenercom-2015.pdf>
- Cornejo, M. R. (2021). *ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD DE*. Quito.
- Dña, D. G. (2001). *Guía Técnica*. Mar Gandolfo.
- El diario. (2016). Obtenido de [www.eldiario.es/turing/led-inventores-premio](http://www.eldiario.es/turing/led-inventores-premio)
- Fernandez, J. G. (s.f.). *Recursos Citcea*.
- G.S. Cities. (2018). *Guide Street Lighting*.
- Guasch Farrás, J. (1998). Iluminación. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en El Trabajo* (Vol. II, pág. 18). Madrid, España: Chantal Dufresne. Recuperado el 22 de Agosto de 2022, de <https://es.scribd.com/document/531716116/Enciclopedia-de-Salud-y-Seguridad-en-El-Trabajo>
- Iluminación Eficiente Profesional. (1 de Febrero de 2018). *La eficacia y eficiencia en iluminación*. Recuperado el 20 de Agosto de 2022, de <https://www.iep-sa.com.ar/index.php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/>
- Jin, D. (2016). Smart street lighting system.
- Laszlo, C. (s.f.). *Manual de Luminotecnia Para Interior*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2022, de [https://www.academia.edu/24162383/Luminotecnia\\_para\\_interiores](https://www.academia.edu/24162383/Luminotecnia_para_interiores)
- León, A. J. (2007). *LIGHTING*. Atlantic International University, HAWAII. Recuperado el 25 de Mayo de 2022, de <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Lighting%20Adrian%20Leon.pdf>
- Luminotecnia*. (12 de Febrero de 2017). Obtenido de <https://luminotecniaparanovatos.wordpress.com/2017/02/12/titulo-de-la-entrada-de-blog-2/>
- Marrufo González, E., & Castillo Pedrosa, J. (2010). *Instalaciones Eléctricas Interiores*. España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- MEER. (2020). Obtenido de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELE%CC%81CTRICA.pdf>
- Monroy, M. M. (2006). *Manual de iluminación* (Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria ed., Vol. I). Canarias. Recuperado el 21 de Octubre de 2022, de <https://m2db.files.wordpress.com/2014/09/manual-1-iluminacion.pdf>

- Ramírez Vázquez, J. (1977). *Enciclopedia CEAC de Electricidad*. España: Grupo Editorial CEAC. Recuperado el 17 de Agosto de 2022, de <https://es.scribd.com/document/520720589/Luminotecnica-CEAC>
- RiverGlennapts. (s.f.). Recuperado el 26 de Agosto de 2022, de <https://riverglennapts.com/es/sources-of-light/806-metal-halide-lamps.html>
- Rodríguez, L. (s.f.). *Lámpara de sodio de alta presión*. . Obtenido de ILUMINACIÓN: <https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/03/lampara-de-sodio-de-alta-presion.html>
- Taboada, J. A. (1979). *Manual de Luminotecnia*. España: Dossat. Recuperado el 15 de Septiembre de 2022, de <https://es.scribd.com/document/385470852/Manual-Osram>
- Anfalum. (2015). *Guía sobre tecnología LED en alumbrado*. Madrid, España. Recuperado el 5 de Mayo de 2023, de <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2018/07/Guia-sobre-Tecnologia-LED-en-el-Alumbrado-fenercom-2015.pdf>
- Cornejo, M. R. (2021). *ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE FACTIBILIDAD DE*. Quito.
- Dña, D. G. (2001). *Guía Técnica*. Mar Gandolfo.
- El diario. (2016). Obtenido de [www.eldiario.es/turing/led-inventores-premio](http://www.eldiario.es/turing/led-inventores-premio)
- Fernandez, J. G. (s.f.). *Recursos Citcea*.
- G.S. Cities. (2018). *Guide Street Lighting*.
- Guasch Farrás, J. (1998). Iluminación. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en El Trabajo* (Vol. II, pág. 18). Madrid, España: Chantal Dufresne. Recuperado el 22 de Agosto de 2022, de <https://es.scribd.com/document/531716116/Enciclopedia-de-Salud-y-Seguridad-en-El-Trabajo>
- Iluminación Eficiente Profesional. (1 de Febrero de 2018). *La eficacia y eficiencia en iluminación*. Recuperado el 20 de Agosto de 2022, de <https://www.iep-sa.com.ar/index.php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/>
- Jin, D. (2016). Smart street lighting system.
- Laszlo, C. (s.f.). *Manual de Luminotecnia Para Interior*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2022, de [https://www.academia.edu/24162383/Luminotecnia\\_para\\_interiores](https://www.academia.edu/24162383/Luminotecnia_para_interiores)
- León, A. J. (2007). *LIGHTING*. Atlantic International University, HAWAII. Recuperado el 25 de Mayo de 2022, de <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Lighting%20Adrian%20Leon.pdf>

- Luminotecnia*. (12 de Febrero de 2017). Obtenido de <https://luminotecniaparanovatos.wordpress.com/2017/02/12/titulo-de-la-entrada-de-blog-2/>
- Marrufo González, E., & Castillo Pedrosa, J. (2010). *Instalaciones Eléctricas Interiores*. España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- MEER. (2020). Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/CAPITULO-3-DEMANDA-ELE%CC%81CTRICA.pdf>
- Monroy, M. M. (2006). *Manual de iluminación* (Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria ed., Vol. I). Canarias. Recuperado el 21 de Octubre de 2022, de <https://m2db.files.wordpress.com/2014/09/manual-1-iluminacion.pdf>
- Ramírez Vázquez, J. (1977). *Enciclopedia CEAC de Electricidad*. España: Grupo Editorial CEAC. Recuperado el 17 de Agosto de 2022, de <https://es.scribd.com/document/520720589/Luminotecnia-CEAC>
- RiverGlennapts*. (s.f.). Recuperado el 26 de Agosto de 2022, de <https://riverglennapts.com/es/sources-of-light/806-metal-halide-lamps.html>
- Rodríguez, L. (s.f.). *Lámpara de sodio de alta presión*. . Obtenido de ILUMINACIÓN: <https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/03/lampara-de-sodio-de-alta-presion.html>
- Taboada, J. A. (1979). *Manual de Luminotecnia*. España: Dossat. Recuperado el 15 de Septiembre de 2022, de <https://es.scribd.com/document/385470852/Manual-Osram>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Características de la red de alumbrado público

Poste			Luminaria						
Código	Estructura	Estado	Cod. Estructura	Cod. Luminaria	Subtipo	Potencia (W)	Voltaje (V)	Marca	Estado
143886	Hormigón	Bueno	LDPS250PCC	292	Sodio Cerrada	250	240	N	Buena
143887	Hormigón	Bueno	LDPS250PCC	292	Sodio Cerrada	250	240	Celsa	No sirve
143888	Hormigón	Bueno	LDPS150ADC	N	Sodio Cerrada	150	240	N	Buena
143889	Hormigón	Bueno	LDPS100PCC	3.825	Sodio Cerrada	100	240	Celsa	Buena
143890	Hormigón	Bueno	LDPS250PCC	159.612	Sodio Cerrada	250	240	Schereder	Buena
143891	Hormigón	Bueno	LDPS150ACC	159.611	Sodio Cerrada	150	240	Schereder	Buena
502759	Hormigón	Bueno	LDPS150ACC	168.548	Sodio Cerrada	150	240	Celsa	Buena
Luminaria en fachada			LDFS150ACC	168.547	Sodio Cerrada	150	240	Schereder	No sirve
Luminaria en fachada			LDFS150ACC	168.546	Sodio Cerrada	150	240	Schereder	Buena
502349	Hormigón	Bueno	LDPS150ACC	168.545	Sodio Cerrada	150	240	Celsa	Buena

**Anexo 2.** Mediciones y datos generales del área de estudio

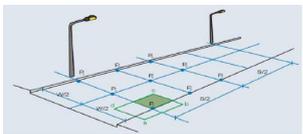
<b>Aspectos generales</b>				
Longitud aprox.		298 m		
Tipo de vía		M4		
Tipo de recubrimiento		Asfalto		
Característica de la superficie		R3		
Tráfico peatonal		P4		
Número de postes		10		
<b>Poste</b>	<b>Ancho de vereda (m)</b>	<b>Ancho de vía (m)</b>	<b>Altura de luminaria (m)</b>	<b>Distancia (m)</b>
<b>Entrada</b>	1.5	6.5		
143886			10	30.6
143887			10	46
143888			10	41.5
143889			10	42.5
143890			10	28.8
143891			10	24.7
502759			10	40
N			10	27.5
N			10	26
502349			10	

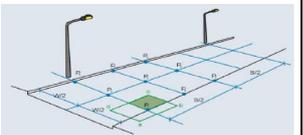
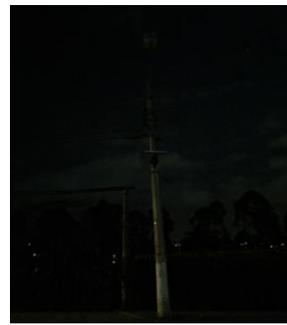
**Anexo 3. Mediciones luminotécnicas.**

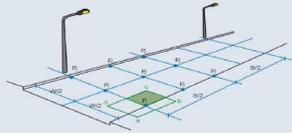
Poste	Ubicación	Fecha	Hora	Mediciones (Lux)		
				1	2	3
143886	x: 699815	11/05/2023	2:23 am	1	2	3
				79.1	73.6	51.9
				4	5	6
	y 9554064			19.57	17.63	13.36
				7	8	9
				2.35	3.17	3.5
143887	x 699826	No sirve		1	2	3
				4	5	6
	y 9554108			7	8	9
143888	x 699835	11/05/2023	1:55 am	1	2	3
				35.1	40.1	26.1
				4	5	6
	y 9554148			11.21	13.47	16.84
				7	8	9
				0.42	0.9	2.65
143889	x 699844	11/05/2023	1:32 am	1	2	3
				95.4	135.4	26.1
				4	5	6
	y 9554189			35.3	43.9	30.6
				7	8	9
				10.08	13.34	11.6
143890	x 699855	11/05/2023	0:50 am	1	2	3
				56.3	60.9	38.3
				4	5	6
	y 9554222			31.5	43.5	37.4
				7	8	9
				19.9	32.1	35.3
143891	x 699872	11/05/2023	0:15 am	1	2	3
				19.11	24.9	24.7
				4	5	6
	y 9554212			12.7	16.17	18.72
				7	8	9
				16.71	17.3	17.65
502759	x 699887	11/05/2023	23:42 pm	1	2	3
				15.99	17.72	17.58
				4	5	6

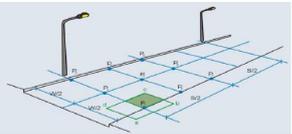
	y 9554242			4.93	7.56	7.89
				<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
				3.33	4.48	5.6
N	x 699904	No sirve		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
				<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	y 9554285					
				<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
N	x 699905	11/05/2023	23:05 pm	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
				19.35	26.4	2.7
				<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	y 9554313			9.9	15.16	4.6
				<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
502349	x 699912	11/05/2023	22:30 pm	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
				15.14	20.3	21.6
				<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	y 9554333			10.98	13.62	13.26
				<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
				10.15	10.73	11.19

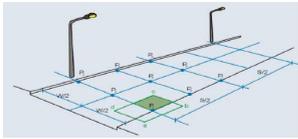
### Anexo 4. Tablas de cálculo de la iluminancia media y uniformidad promedio.

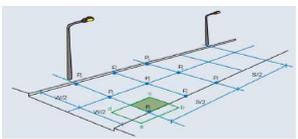
Resultados de medición de parámetros lumínicos									
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia			
	Hora	2:23 AM			Sodio	250 W			
Observaciones: Equipo e instalación en condiciones aceptables				Estado	Regular				
Método 9 puntos	Luminaria			Distancia entre postes	30,6 m				
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) + 2 \cdot (E_5 + E_6 + E_7 + E_8) + 4 \cdot E_9]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m				
				Tipo de calzada	Asfalto				
				Carriles	2				
				Ancho de la calzada	6,5 m				
				Vereda	1,5m				
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED				
				Tipo de vía	M4				
				Luxes			$E_{min}$	2,35	
				1	2	3	$E_{max}$	76,1	
				4	5	6	$E_{prom}$	26,36	
7	8	9	$U_o$	0,089					
3,5	3,17	2,35	<div style="background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> <b>¿Cumple con la norma?</b> NO                 </div>						
Normativa									
Clase de iluminación	Nivel mínimo o medio	Coeficiente de							
	(Lux)	$U_o$							
M4	15	0,4							

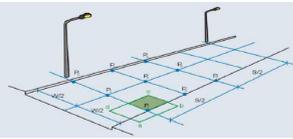
Resultados de medición de parámetros lumínicos									
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia			
	Hora				Sodio	250 W			
Observaciones: Luminaria descompuesta, no sirve.				Estado	No sirve				
Método 9 puntos	Luminaria			Distancia entre postes	46 m				
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_2 + E_3 + E_4) + 2 \cdot (E_5 + E_6 + E_7 + E_8) + 4 \cdot E_9]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m				
				Tipo de calzada	Asfalto				
				Carriles	2				
				Ancho de la calzada	6,5 m				
				Vereda	1,5 m				
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED				
				Tipo de vía	M4				
				Luxes			$E_{min}$	0	
				1	2	3	$E_{max}$	0	
				4	5	6	$E_{prom}$	0,00	
7	8	9	$U_o$	0,000					
0	0	0	<div style="background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> <b>¿Cumple con la norma?</b> </div>						
0	0	0							
Normativa									
Clase de iluminación	Nivel mínimo o medio	Coeficiente de							
	(Lux)	$U_o$							
M4	15	0,4							

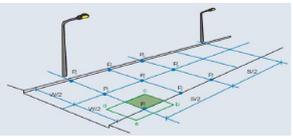
Resultados de medición de parámetros lumínicos							
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia	
	Hora	1:55 AM			Sodio	150 W	
Observaciones: Equipo ofrece poca iluminación, estado regular				Estado	Regular		
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	41,5		
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m		
				Tipo de calzada	Asfalto		
				Carriles	2		
				Ancho de la calzada	6,5 m		
				Vereda	1,5 m		
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED		
				Tipo de vía	M4		
Luxes			$E_{min}$	0,42	Disposicion de luminarias		Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	40,1			
30,2	40,1	33,1	$E_{prom}$	14,93	<div style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>¿Cumple con la norma?</b>            NO         </div>		
4	5	6	$U_o$	0,028			
9,21	12,47	11,84					
7	8	9					
0,42	0,9	1,22					
Normativa							
Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coeficiente de					
M4	15	$U_o$		0,4			

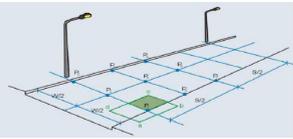
Resultados de medición de parámetros lumínicos							
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia	
	Hora	1:32 AM			Sodio	100 W	
Observaciones: Equipo e instalación en condiciones aceptables				Estado	Buena		
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	42,5 m		
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m		
				Tipo de calzada	Asfalto		
				Carriles	2		
				Ancho de la calzada	6,5 m		
				Vereda	1,5 m		
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED		
				Tipo de vía	M4		
Luxes			$E_{min}$	8,09	Disposicion de luminarias		Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	45,4			
35,43	45,4	26,1	$E_{prom}$	31,63	<div style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>¿Cumple con la norma?</b>            NO         </div>		
4	5	6	$U_o$	0,256			
35,3	43,9	30,6					
7	8	9					
8,09	13,34	11,6					
Normativa							
Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coeficiente de					
M4	15	$U_o$		0,4			

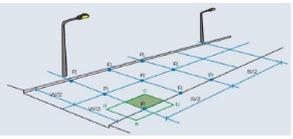
Resultados de medición de parámetros lumínicos						
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia
	Hora	12:50 AM			Sodio	250 W
Observaciones: Equipo e instalación en condiciones aceptables				Estado	Buena	
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	28,8 m	
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m	
				Tipo de calzada	Asfalto	
				Carriles	2	
				Ancho de la calzada	6,5 m	
				Vereda	1,5 m	
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED	
				Tipo de vía	M4	
Luxes			$E_{min}$	16,9	Disposicion de luminarias	Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	58,9		
53,3	58,9	38,3	$E_{prom}$	37,72	<div style="background-color: yellow; padding: 5px;">¿Cumple con la norma?</div> <div style="background-color: yellow; padding: 5px;">SI</div>	
4	5	6	$U_o$	0,448		
28,5	42,5	35,4				
7	8	9				
16,9	23,1	33,2				
Normativa						
Clase de iluminacion	Nivel mínimo o medio (Lux)	Coeficiente de				
		$U_o$				
M4	15	0,4				

Resultados de medición de parámetros lumínicos						
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia
	Hora	12:15 AM			Sodio	150 W
Observaciones: Equipo con buena iluminación e instalación en condiciones aceptables				Estado	Buena	
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	24,7 m	
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m	
				Tipo de calzada	Asfalto	
				Carriles	2	
				Ancho de la calzada	6,5 m	
				Vereda	1,5 m	
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED	
				Tipo de vía	M4	
Luxes			$E_{min}$	7,23	Disposicion de luminarias	Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	27,4		
18,11	27,4	21,7	$E_{prom}$	15,07	<div style="background-color: yellow; padding: 5px;">¿Cumple con la norma?</div> <div style="background-color: yellow; padding: 5px;">SI</div>	
4	5	6	$U_o$	0,480		
11,7	15,17	12,72				
7	8	9				
7,23	10,3	9,21				
Normativa						
Clase de iluminacion	Nivel mínimo o medio (Lux)	Coeficiente de				
		$U_o$				
M4	15	0,4				

Resultados de medición de parámetros lumínicos						
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia
	Hora	11:42 PM			Sodio	150 W
Observaciones: Equipo ofrece poca iluminación instalación en condiciones aceptables				Estado	Regular	
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	40 m	
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m	
				Tipo de calzada	Asfalto	
				Carriles	2	
				Ancho de la calzada	6,5 m	
				Vereda	1,5 m	
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED	
				Tipo de vía	M4	
Luxes			$E_{min}$	3,33	Disposicion de luminarias	Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	17,72		
15,99	17,72	17,58	$E_{prom}$	8,92	<div style="background-color: yellow; padding: 5px;">¿Cumple con la norma?</div> <div style="background-color: orange; padding: 5px; text-align: center;">NO</div>	
4	5	6	$U_o$	0,373		
4,93	7,56	7,89				
7	8	9				
3,33	4,48	5,6				
Normativa						
Clase de iluminación	Nivel mínimo o medio (Lux)	Coeficiente de $U_o$				
M4	15	0,4				

Resultados de medición de parámetros lumínicos						
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia
	Hora				Sodio	150 W
Observaciones: Equipo descompuesto, no sirve				Estado	Malo	
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	27,5 m	
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m	
				Tipo de calzada	Asfalto	
				Carriles	2	
				Ancho de la calzada	6,5 m	
				Vereda	1,5 m	
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED	
				Tipo de vía	M4	
Luxes			$E_{min}$	0	Disposicion de luminarias	Unilateral
1	2	3	$E_{max}$	0		
0	0	0	$E_{prom}$	0,00	<div style="background-color: yellow; padding: 5px;">¿Cumple con la norma?</div> <div style="background-color: orange; padding: 5px; text-align: center;">NO</div>	
4	5	6	$U_o$	0,000		
0	0	0				
7	8	9				
0	0	0				
Normativa						
Clase de iluminación	Nivel mínimo o medio (Lux)	Coeficiente de $U_o$				
M4	15	0,4				

Resultados de medición de parámetros lumínicos															
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia									
	Hora	11:05 PM			Sodio	150 W									
Observaciones: Equipo de iluminación e instalación en condiciones buenas				Estado	Bueno										
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	26 m										
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m										
				Tipo de calzada	Asfalto										
				Carriles	2										
				Ancho de la calzada	6,5 m										
				Vereda	1,5 m										
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED										
				Tipo de vía	M4										
				Luxes		$E_{min}$	2,7	Disposicion de luminarias		Unilateral					
				1	2	3	$E_{max}$				26,4				
				19,35	26,4	2,7									
4	5	6	$E_{prom}$	13,16											
9,9	15,16	4,6													
7	8	9	$U_o$	0,205											
4,25	17,51	6,72													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Normativa</th> </tr> <tr> <th>Clase de iluminacion</th> <th>Nivel minimo o medio (Lux)</th> <th>Coefficiente de <math>U_o</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M4</td> <td>15</td> <td>0,4</td> </tr> </tbody> </table>							Normativa			Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coefficiente de $U_o$	M4	15	0,4
Normativa															
Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coefficiente de $U_o$													
M4	15	0,4													
				¿Cumple con la norma?		NO									

Resultados de medición de parámetros lumínicos															
Investigador: Michael Cuenca	Fecha	11 de mayo de 2023		Luminaria	Tipo	Potencia									
	Hora	10:30 PM			Sodio	150 W									
Observaciones: Equipo e instalación en condiciones aceptables				Estado	Regular										
Método 9 puntos		Luminaria		Distancia entre postes	22 m										
 $E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \cdot (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \cdot E_5]$ $U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$				Altura de montaje	8 m										
				Tipo de calzada	Asfalto										
				Carriles	1										
				Ancho de la calzada	4 m										
				Vereda	1,5 m										
				Equipo utilizado	Proskit MT-4617LED										
				Tipo de vía	M4										
				Luxes		$E_{min}$	10,15	Disposicion de luminarias		Unilateral					
				1	2	3	$E_{max}$				21,6				
				15,14	20,3	21,6									
4	5	6	$E_{prom}$	13,94											
10,98	13,62	13,26													
7	8	9	$U_o$	0,728											
10,15	10,73	11,19													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Normativa</th> </tr> <tr> <th>Clase de iluminacion</th> <th>Nivel minimo o medio (Lux)</th> <th>Coefficiente de <math>U_o</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M4</td> <td>15</td> <td>0,4</td> </tr> </tbody> </table>							Normativa			Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coefficiente de $U_o$	M4	15	0,4
Normativa															
Clase de iluminacion	Nivel minimo o medio (Lux)	Coefficiente de $U_o$													
M4	15	0,4													
				¿Cumple con la norma?		NO									

**Anexo 5.** Evidencia fotográfica de mediciones.



**Anexo 6.** Detalles del consumo

Consumo anual del sistema actual							
Luminaria	Cantidad	Potencia (kW)	Perdidas en balastos (kW)	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	Consumo anual (kWh)
Sodio Cerrada	3	0.25	0.025	12	9.9	297	3564
	6	0.15	0.015	12	11.88	356.4	4276.80
	1	0.1	0.01	12	1.32	39.6	475.20
<b>Total (kWh)</b>					23.1	693	8 316.00

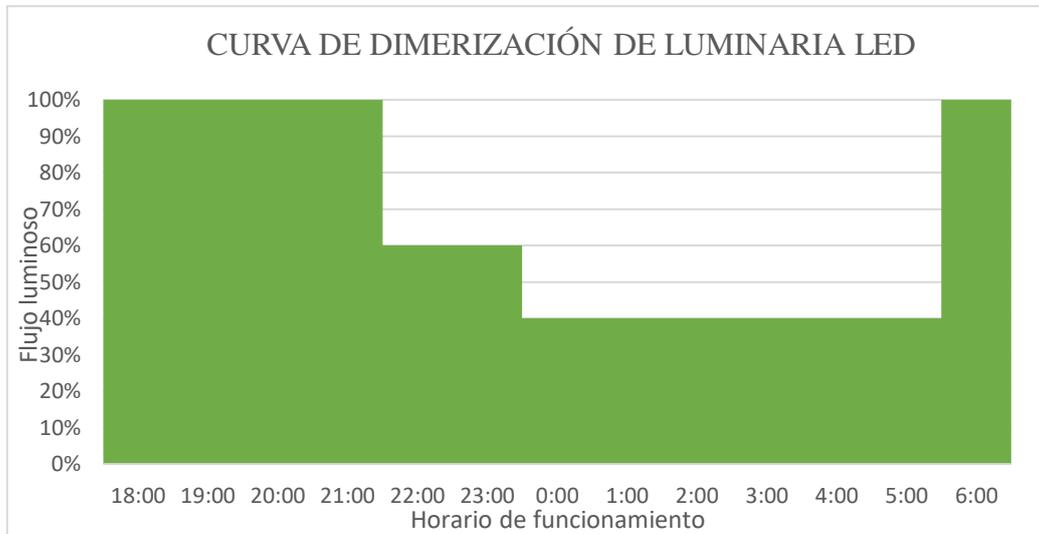
**Anexo 7.** Proyección de costos de mantenimiento

Proyección de costos de mantenimiento luminaria NA								
Año	Materiales							Mano de obra
	Balastro	Lampara	Ignitor	Capacitor	Base socket	fotocontrol	Luminaria	Mano de obra
0	66.25	7.14	6.8	12.6	2.4	13.2	125.29	15.89
1	66.38	7.15	6.81	12.63	2.40	13.23	125.55	16.82
2	66.52	7.17	6.83	12.65	2.41	13.25	125.80	17.81
3	66.66	7.18	6.84	12.68	2.41	13.28	126.06	18.86
4	66.79	7.20	6.86	12.70	2.42	13.31	126.31	19.97
5	66.93	7.21	6.87	12.73	2.42	13.33	126.57	21.14
6	67.06	7.23	6.88	12.75	2.43	13.36	126.83	22.39
7	67.20	7.24	6.90	12.78	2.43	13.39	127.09	23.70
8	67.34	7.26	6.91	12.81	2.44	13.42	127.35	25.10
9	67.47	7.27	6.93	12.83	2.44	13.44	127.61	26.57
10	67.61	7.29	6.94	12.86	2.45	13.47	127.87	28.14
11	67.75	7.30	6.95	12.89	2.45	13.50	128.13	29.79
12	67.89	7.32	6.97	12.91	2.46	13.53	128.39	31.54

Proyección de costos de mantenimiento Luminaria led			
Año	Materiales		Mano de obra
	Base socket	fotocontrol	Mano de obra
0	2.4	13.2	15.89
1	2.40	13.23	16.82
2	2.41	13.25	17.81
3	2.41	13.28	18.86
4	2.42	13.31	19.97
5	2.42	13.33	21.14
6	2.43	13.36	22.39
7	2.43	13.39	23.70
8	2.44	13.42	25.10

9	2.44	13.44	26.57
10	2.45	13.47	28.14
11	2.45	13.50	29.79
12	2.46	13.53	31.54

**Anexo 8.** Curva de dimerización



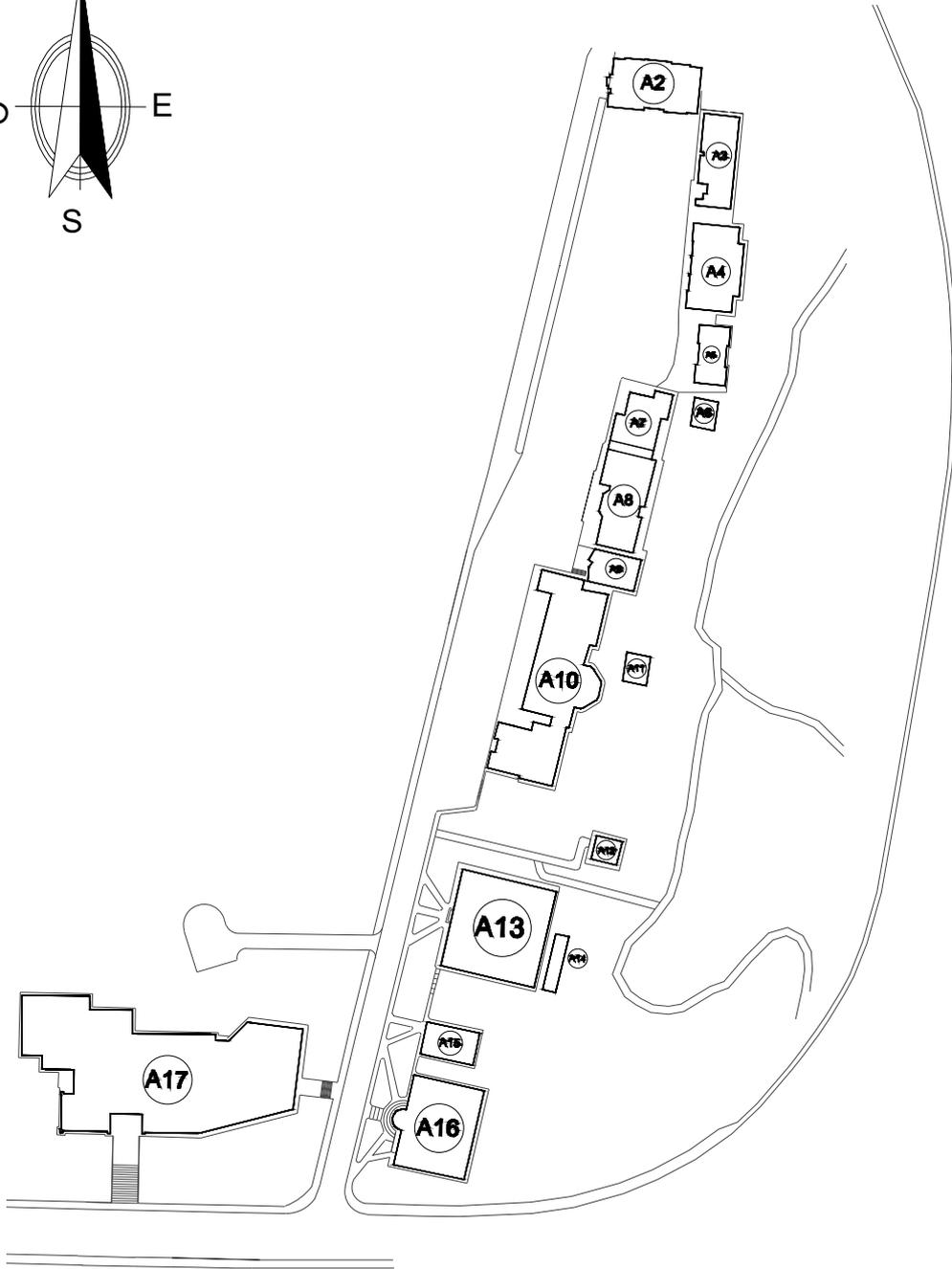
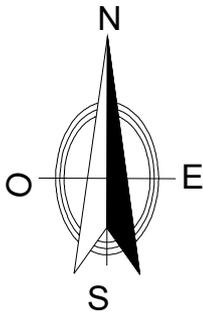
**Anexo 9.** Tabla comparativa de ahorro en consumo y mantenimiento

Descripción	Luminaria Na	Luminaria LED	Ahorro
<b>Consumo energético</b>	\$ 9 979.20	\$ 5 720.98	\$ 4 258.22
<b>Mantenimiento</b>	\$ 2 668.49	\$ 496.62	\$ 2 171.87
<b>Total</b>			\$ 6 430.09

## Anexo 10. Cálculo de caída de voltaje.

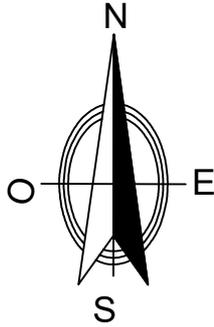
REDES SECUNDARIA		PROYECTO: Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la FEIRNNR de la UNL.				ANEXO :				
		CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE				HOJA: 1 DE 1				
PROVINCIA:	LOJA	CANTÓN:	LOJA	PARROQUIA:	UNL	FECHA: 25 de Julio de 2024				
C. TRANSFORMACIÓN No.:	CT-1	CATEGORÍA ABONADO :	E	NÚMERO DE ABONADOS		2				
DATOS DEL TRANSFORMADOR :	POTENCIA (KVA) :		37,5	PROYECTISTA :		MICHAEL CUENCA				
REFERENCIA :	V. NOMINAL A.T. (KV) :		7,2	RESPONSABLE :		MICHAEL CUENCA				
NÚMERO DE FASES :	V. NOMINAL B.T. (V) :		240/120	REVISÓ :						
ESQUEMA:										
REFEREN.	LONGITUD (m)	No. DE CONSUMID.	KVA DE AP/CE	DMD (kVA.)	No. FASE / No. COND.	TAMAÑO (AWG)	FDV (kVA x m)	M.P. (kVA x m)	DV % PARCIAL	DV % ACUMUL.
PZ1-PZ3	39,8	0	1,7	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	67,66	0,366	
PZ3-PZ4	34	0	1,6	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	54,40	0,294	
PZ4-PZ5	34	0	1,5	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	51,00	0,276	
PZ5-PZ6	34	0	1,4	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	47,60	0,257	
PZ6-PZ7	34,5	0	1,3	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	44,85	0,242	
PZ7-PZ8	34	0	1,2	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	40,80	0,221	
PZ8-PZ9	30	0	0,1	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	3,00	0,016	1,67
PZ8-PZ10	19	0	1	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	19,00	0,103	
PZ10-PZ12	31,3	0	0,3	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	9,39	0,051	
PZ12-PZ13	20,8	0	0,2	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	4,16	0,022	
PZ13-PZ14	34	0	0,1	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	3,40	0,018	1,85
PZ10-PZ15	6,8	0	0,7	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	4,76	0,026	
PZ15-PZ16	17,4	0	0,6	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	10,44	0,056	
PZ16-PZ17	6,7	0	0,1	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	0,67	0,004	1,84
PZ15-PZ18	47,4	0	0,5	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	23,70	0,128	
PZ18-PZ19	30	0	0,3	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	9,00	0,049	
PZ19-PZ22	28,45	0	0,1	0	2F2C	2x6(-) TTU	185	2,85	0,015	1,98
PZ3-PZ24	17	1	0	2,49	2F3C	2x6(6) TTU	185	42,36	0,229	0,59
PZ4-PZ23	17,2	1	0	2,49	2F3C	2x6(6) TTU	185	42,85	0,232	0,89
NOTAS:									DV MAXIMO%=	1,98

# PLANO F.E.I.R.N.N.R



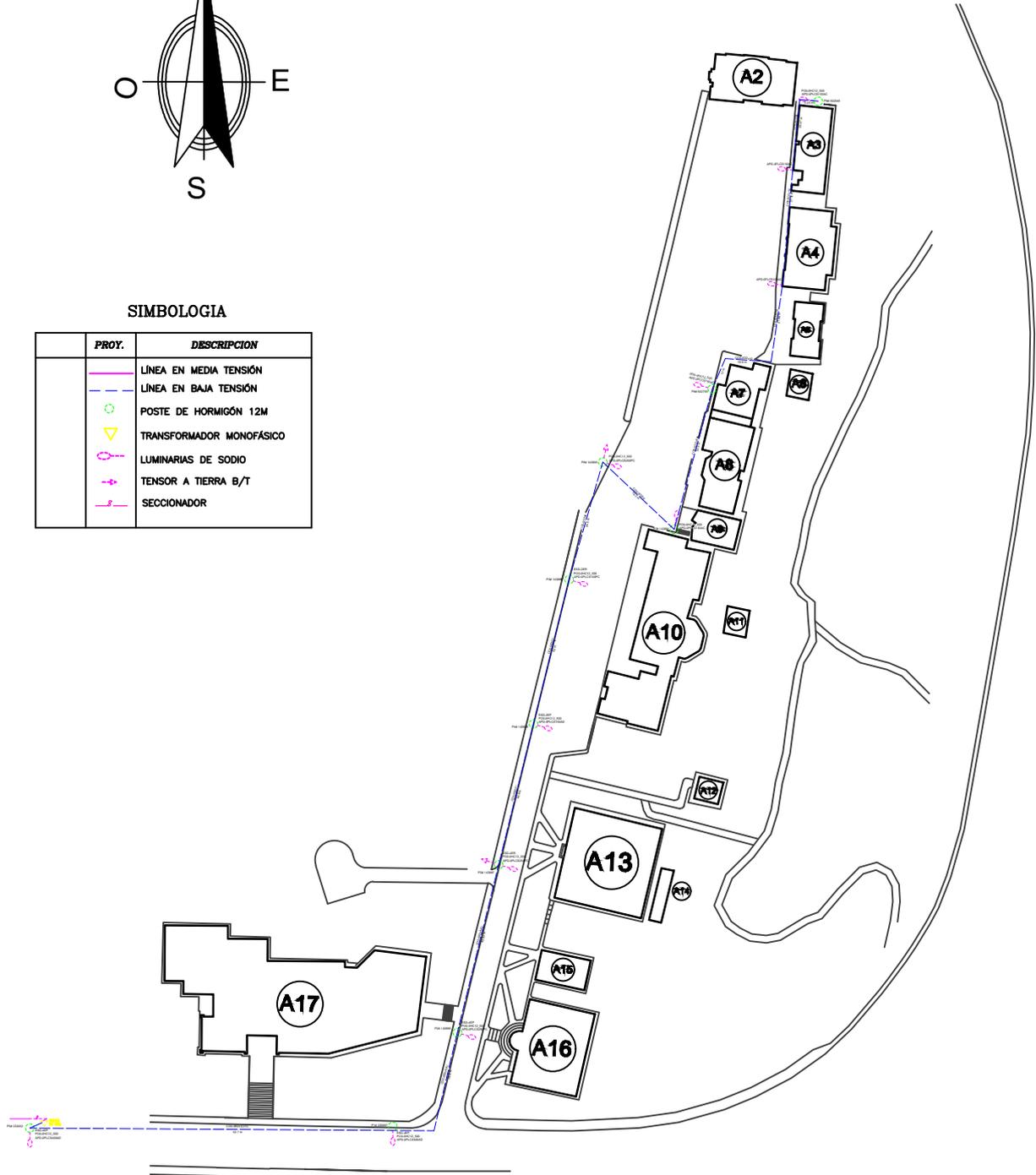
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>		
	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL		
	CONTIENE: PLANO ESTRUCTURAL DE LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL		
TUTOR:	ING. CARLOS RAÚL BARRETO	TESISTA:	MICHAEL CUENCA
PROVINCIA:	LOJA	FECHA:	MAYO / 2024
CANTÓN:	LOJA	DIBUJÓ:	MICHAEL CUENCA
			LÁMINA: 

# RED EXISTENTE



## SIMBOLOGIA

PROY.	DESCRIPCION
	LÍNEA EN MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA EN BAJA TENSIÓN
	POSTE DE HORMIGÓN 12M
	TRANSFORMADOR MONOFÁSICO
	LUMINARIAS DE SODIO
	TENSOR A TIERRA B/T
	SECCIONADOR



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:  
RED ELÉCTRICA MT y BT EXISTENTE DE LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

PROVINCIA: LOJA      FECHA: MAYO / 2024

CANTON: LOJA      DIBUJO: MICHAEL CUENCA

TUTOR:

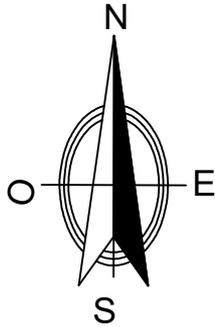
TESISTA:

ING. CARLOS RAÚL BARRETO

MICHAEL CUENCA

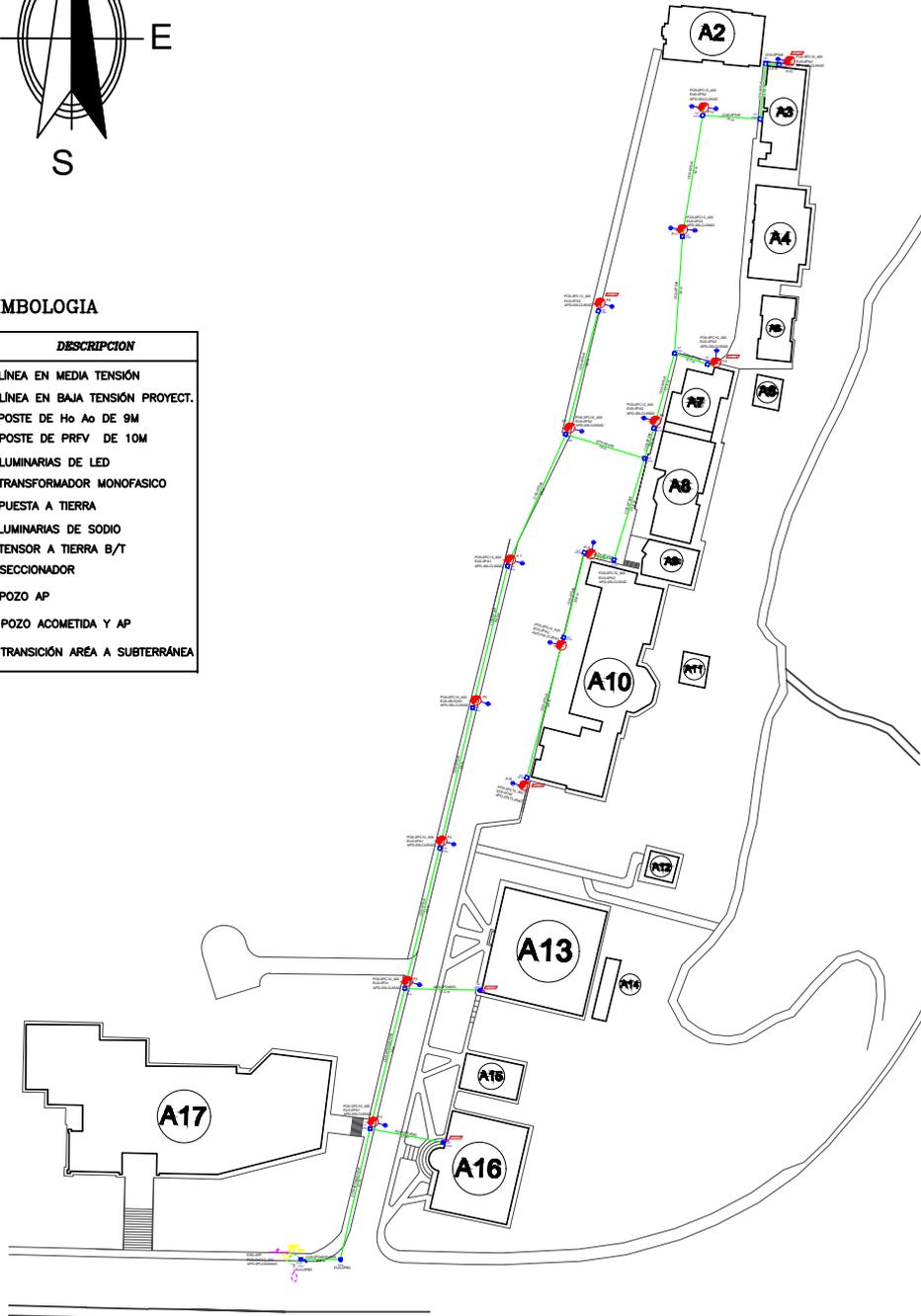


# RED PROYECTADA



## SIMBOLOGIA

PROY.	DESCRIPCION
	LÍNEA EN MEDIA TENSIÓN
	LÍNEA EN BAJA TENSIÓN PROYECT.
	POSTE DE Ho Ao DE 9M
	POSTE DE PRFV DE 10M
	LUMINARIAS DE LED
	TRANSFORMADOR MONOFASICO
	PUESTA A TIERRA
	LUMINARIAS DE SODIO
	TENSOR A TIERRA B/T
	SECCIONADOR
	POZO AP
	POZO ACOMETIDA Y AP
	TRANSICIÓN ÁREA A SUBTERRÁNEA



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:  
RED ELÉCTRICA MT y BT PROYECTADA DE LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

PROVINCIA: LOJA      FECHA: MAYO / 2024

CANTON: LOJA      DIBUJO: MICHAEL CUENCA

TUTOR:

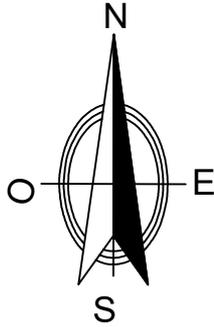
ING. CARLOS RAÚL BARRETO

TESISTA:

MICHAEL CUENCA

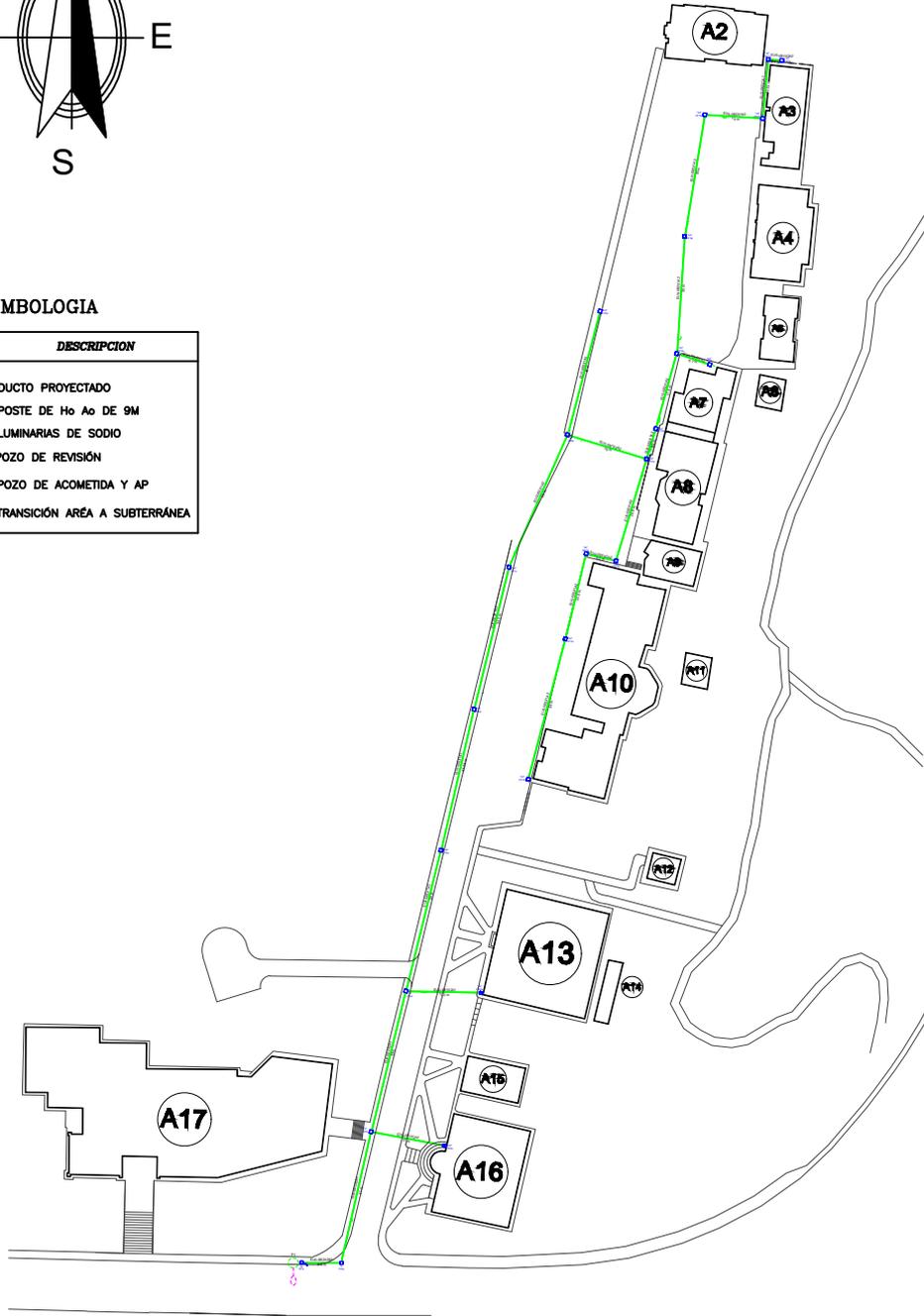


# RECORRIDO DE DUCTOS Y POZOS



## SIMBOLOGIA

PROY.	DESCRIPCION
	DUCTO PROYECTADO
	POSTE DE Ho Ao DE 9M
	LUMINARIAS DE SODIO
	POZO DE REVISION
	POZO DE ACOMETIDA Y AP
	TRANSICION AREA A SUBTERRANEA



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGÍA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:  
RECORRIDO DE POZOS Y DUCTOS PROYECTADOS F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

PROVINCIA: LOJA      FECHA: MAYO / 2024

CANTON: LOJA      DIBUJO: MICHAEL CUENCA

TUTOR:

TESISTA:

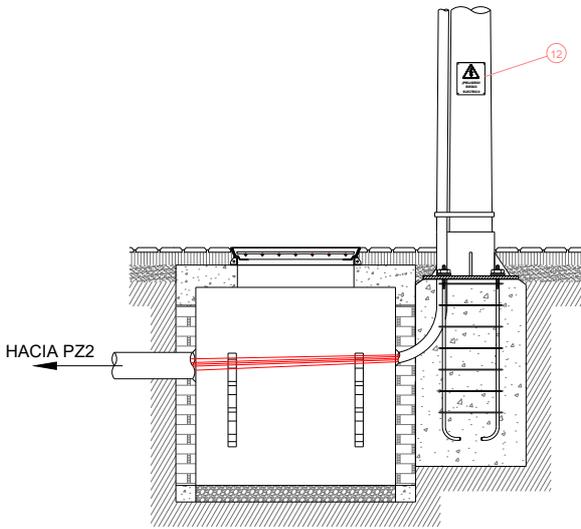
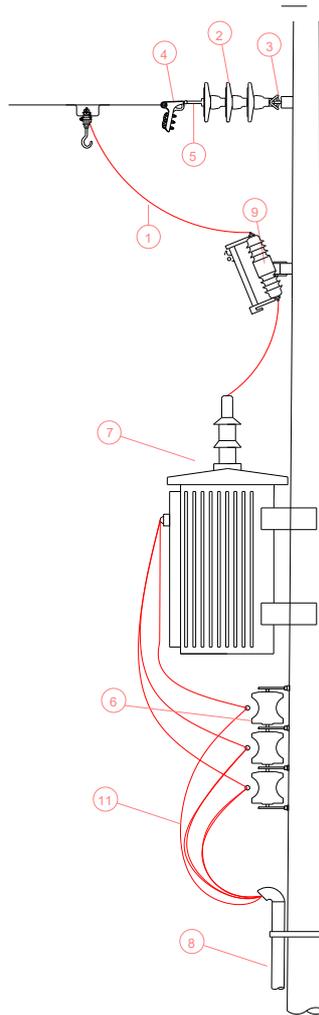
ING. CARLOS RAÚL BARRETO

MICHAEL CUENCA

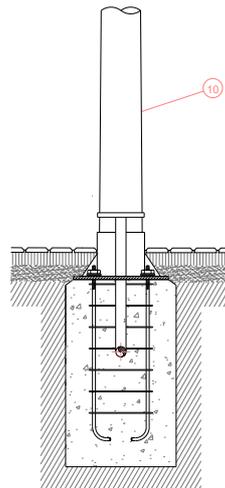


# TRANSICIÓN AÉREA A SUBTERRÁNEA

MARCA	ELEMENTO
1	CONDUCTOR ACSR 2/0
2	AISLADOR AMARRE
3	HORQUILLA BOLA
4	ROTULA LARGA
5	GRAPA AMARRE
6	AISLADORES DE PORCELANA
7	TRANSFORMADOR 37,5 kVA
8	TUBO EMT 3"
9	HERRAJE SECC
10	POSTE DE PRVF
11	CONDUCTOR TTU 6
11	SEÑALETICA



PZ1 TIPO B



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:

TRANSICIÓN DE RED AÉREA A SUBTERRÁNEA

PROVINCIA:

LOJA

FECHA:

MAYO / 2024

CANTON:

LOJA

DIBUJO:

MICHAEL CUENCA

LÁMINA:

1 / 1

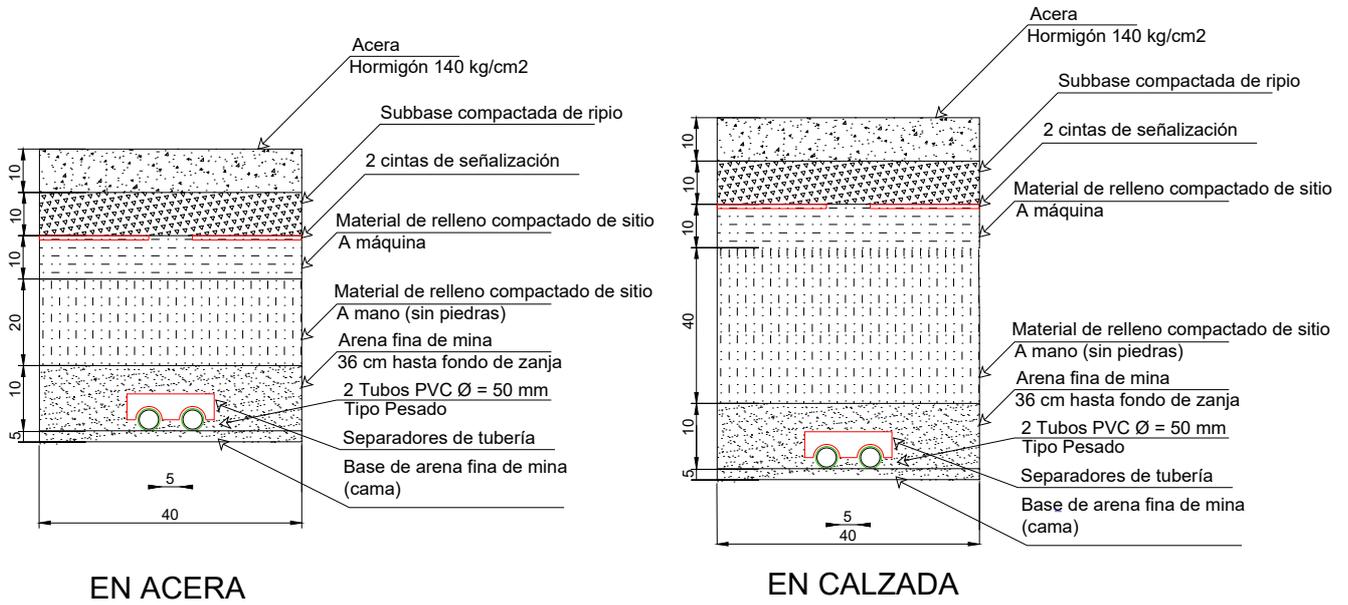
TUTOR:

ING. CARLOS RAÚL BARRETO

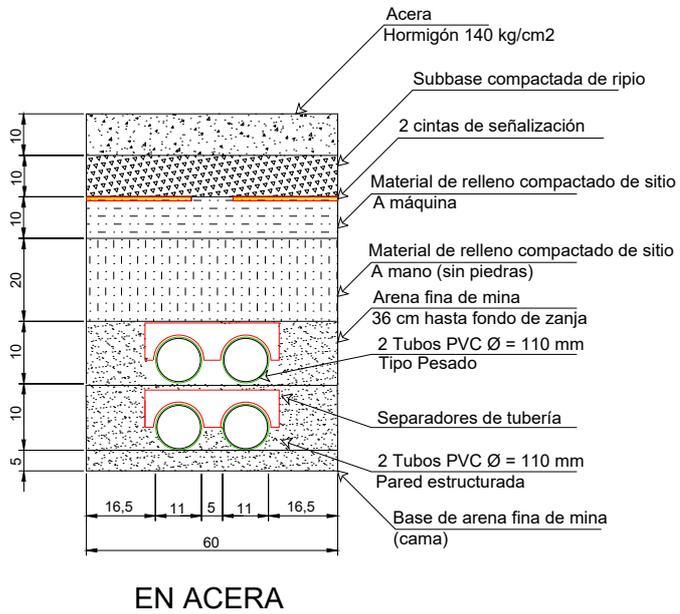
TESISTA:

MICHAEL CUENCA

## BANCO DE DUCTOS 1X2



## BANCO DE DUCTOS 2X2

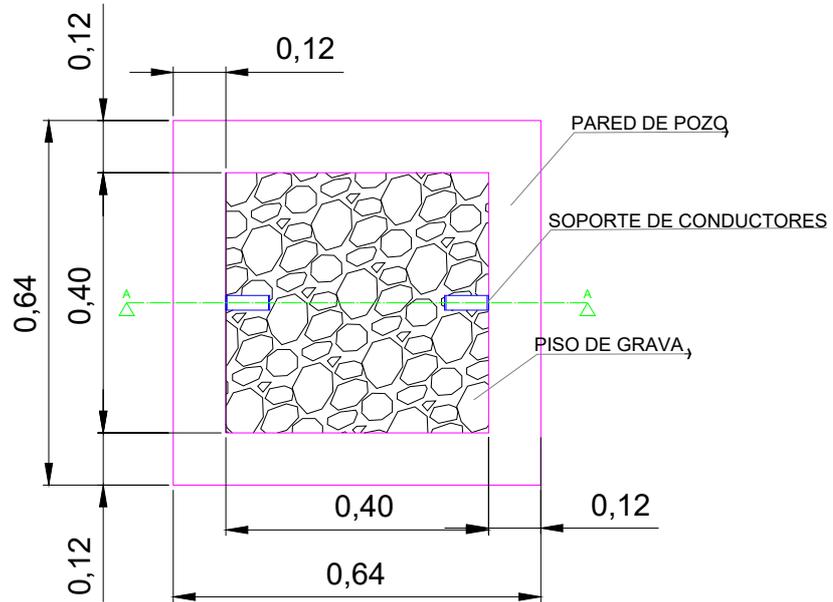


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>	
	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL	
	CONTIENE: <b>BANCO DE DUCTOS</b>	PROVINCIA: LOJA      FECHA: MAYO / 2024 CANTON: LOJA      DIBUJO: MICHAEL CUENCA
	TUTOR:  ING. CARLOS RAÚL BARRETO	TESISTA:  MICHAEL CUENCA

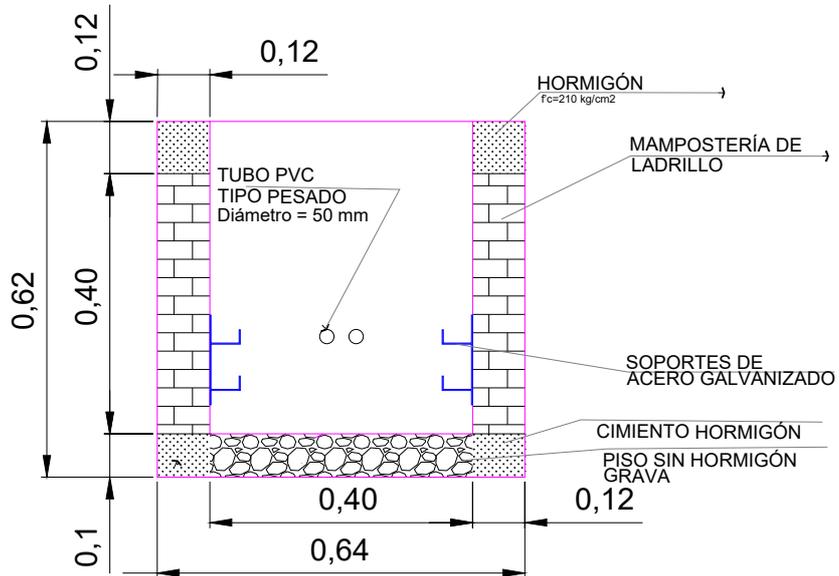


# POZOS TIPO A0

## VISTA SUPERIOR



## CORTE A-A



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE: POZO TIPO A0

PROVINCIA: LOJA      FECHA: MAYO / 2024  
CANTÓN: LOJA      DIBUJO: MICHAEL CUENCA

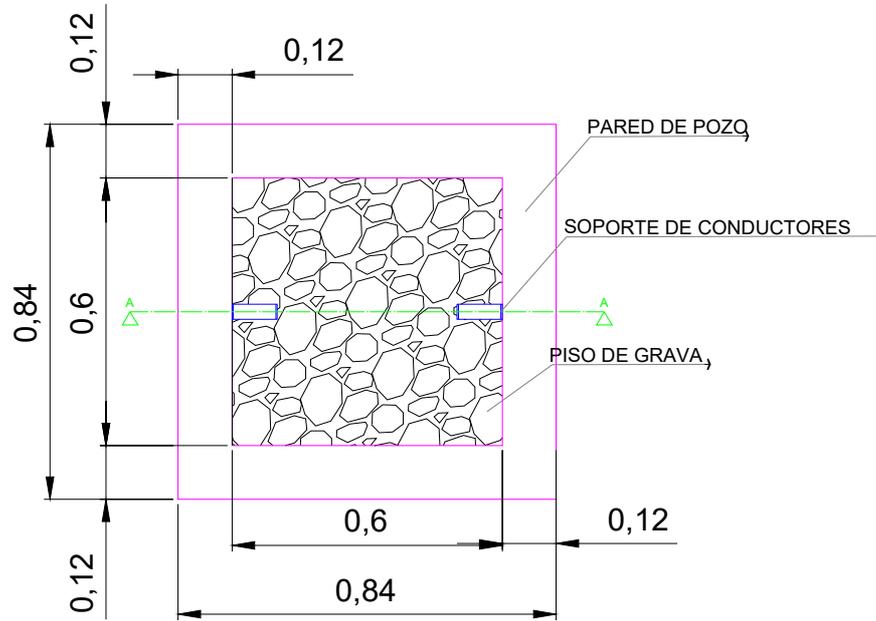
TUTOR: ING. CARLOS RAÚL BARRETO

TESISTA: MICHAEL CUENCA

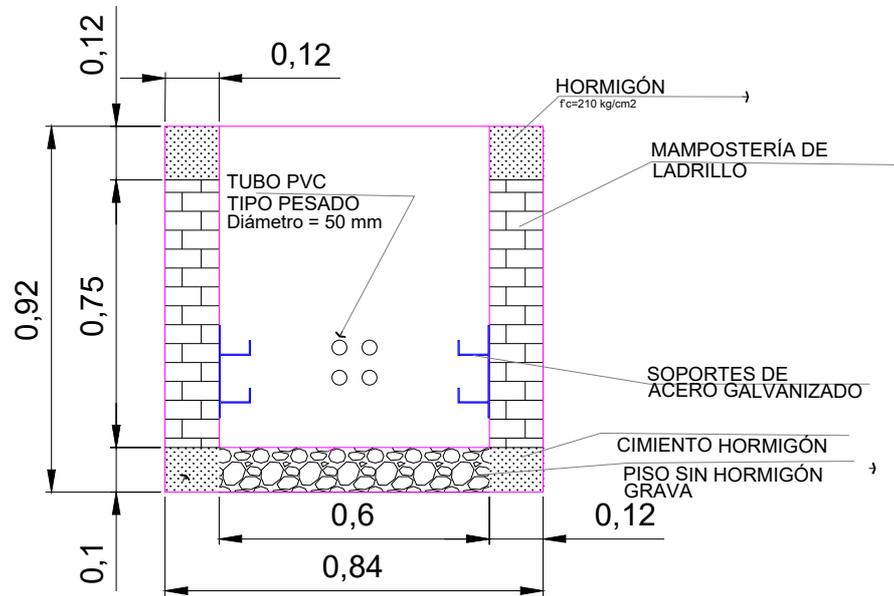


# POZOS TIPO A

VISTA SUPERIOR



CORTE A-A



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:  
POZO TIPO A

PROVINCIA: LOJA FECHA: MAYO / 2024

CANTÓN: LOJA DIBUJO: MICHAEL CUENCA

TUTOR:

ING. CARLOS RAÚL BARRETO

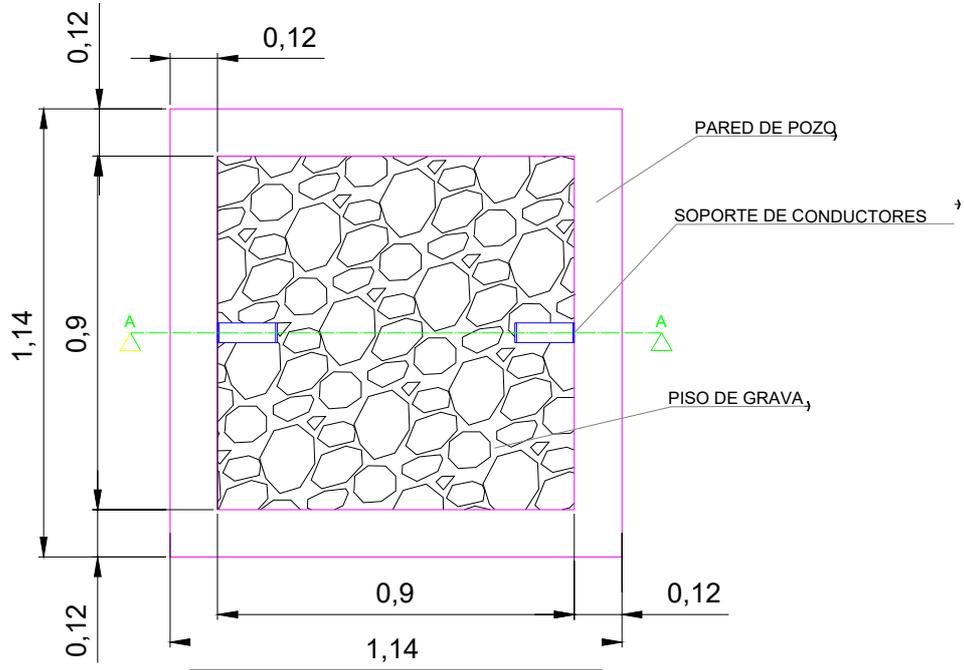
TESISTA:

MICHAEL CUENCA

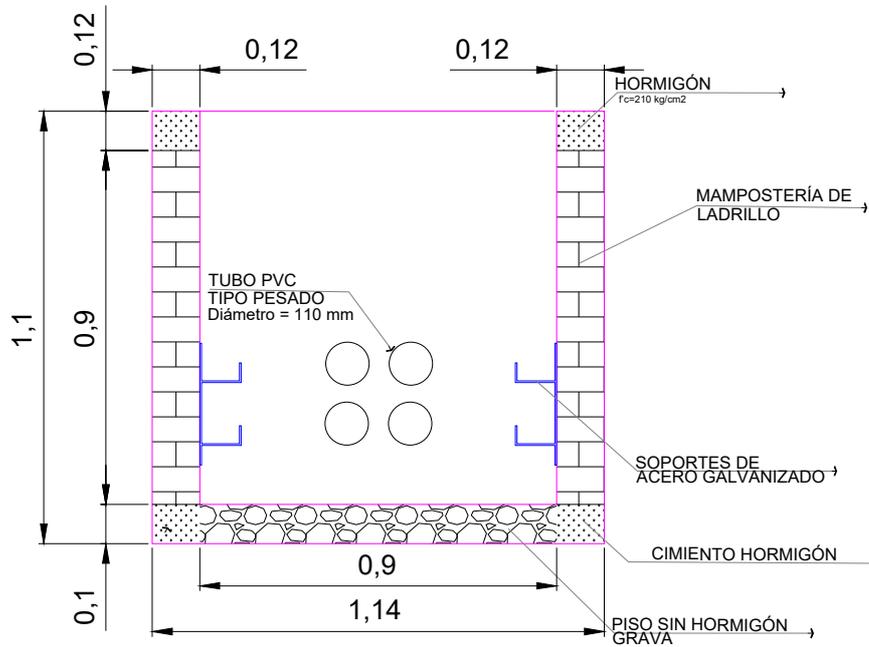


# POZOS TIPO B

VISTA SUPERIOR



CORTE A-A



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE: POZO TIPO B

TUTOR: ING. CARLOS RAÚL BARRETO

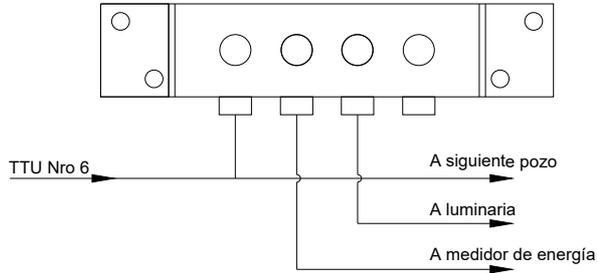
TESISTA: MICHAEL CUENCA

PROVINCIA: LOJA  
CANTÓN: LOJA  
FECHA: MAYO / 2024  
DIBUJO: MICHAEL CUENCA

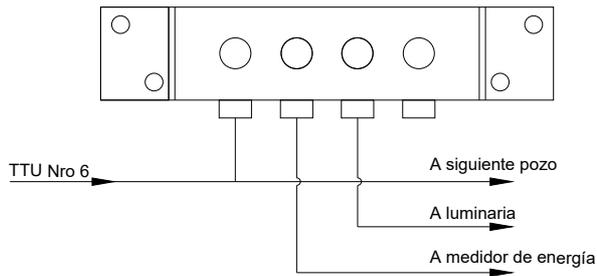


# EMPALMES DE DERIVACIÓN

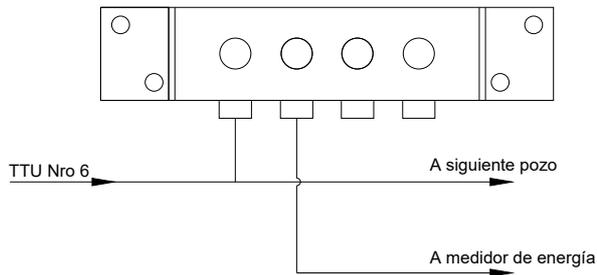
## FASE 1



## FASE 2



## NEUTRO



NOTA: Este tipo de empalmes se empleará en los pozos donde se encuentra las acometida, los cuales son el pozo 3 y pozo 4.



### UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO CON TECNOLOGIA LED PARA LA F.E.I.R.N.N.R DE LA UNL

CONTIENE:

EMPALME DE GEL GHFC-1

PROVINCIA:

LOJA

FECHA:

MAYO / 2024

CANTÓN:

LOJA

DIBUJO:

MICHAEL CUENCA

LÁMINA:

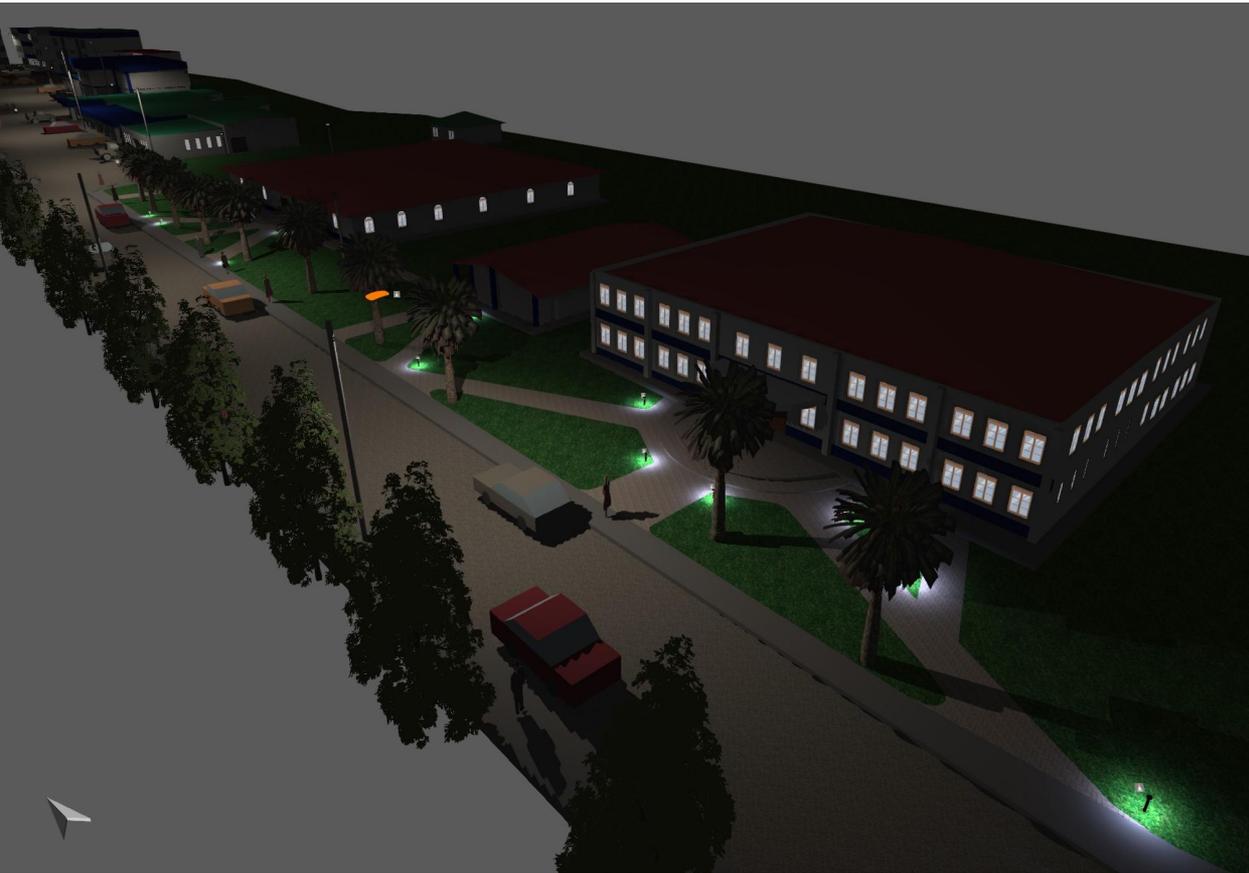


TUTOR:

ING. CARLOS RAÚL BARRETO

TESISTA:

MICHAEL CUENCA



nuevo sistema de alumbrado público utilizando tecnología led.

## Observaciones preliminares

Indicaciones para planificación:

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

En el marco de esta planificación también fue considerada la luz diurna en los cálculos. Para los cálculos se tomaron como base los siguientes parámetros:

Local: Quito

Luminancia en el cenit: 8429 cd/m<sup>2</sup>

Categoría de contaminación: Tráfico entre medio y denso, presencia de polvo menor que 600 microgramos/m<sup>3</sup>

## Contenido

Portada .....	1
Observaciones preliminares .....	2
Contenido .....	3
Contactos .....	4
Descripción .....	5
Imágenes .....	6
Lista de luminarias .....	7

## Fichas de producto

Schröder - TECEO GEN2 2 / 5308 / 80 LEDs 400mA NW 740 95W / / 522992 (1x 80 LEDs 400mA NW 740) .....	8
--	---

## Terreno

Descripción .....	9
Imágenes .....	10
Plano de situación de luminarias .....	11
Lista de luminarias .....	14
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 .....	15
Zona 1 / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular .....	17
Zona 2 / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular .....	18

## Contactos



Michael Cuenca

UNL  
UNL

T 0991260090  
michael.cuenca@unl.edu.ec



## Descripción

En el presente proyecto, se contempla la simulación de la implementación de un sistema de alumbrado público vial mediante la utilización de tecnología LED.

En el presente documento se muestra los cálculos realizados mediante la utilización del software así mismo de las diferentes capas de simulación a fin de contemplar la eficiencia luminica de la implementación.

Michael Cuenca

UNL

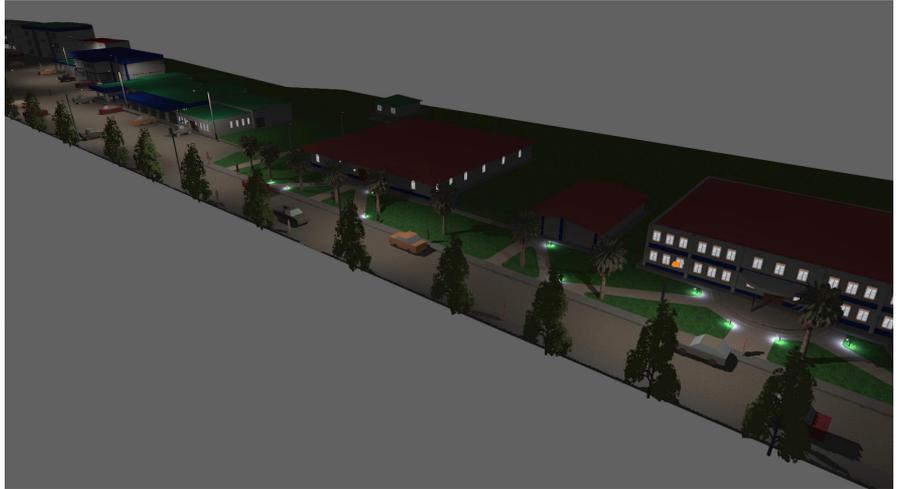
UNL

T 0991260090

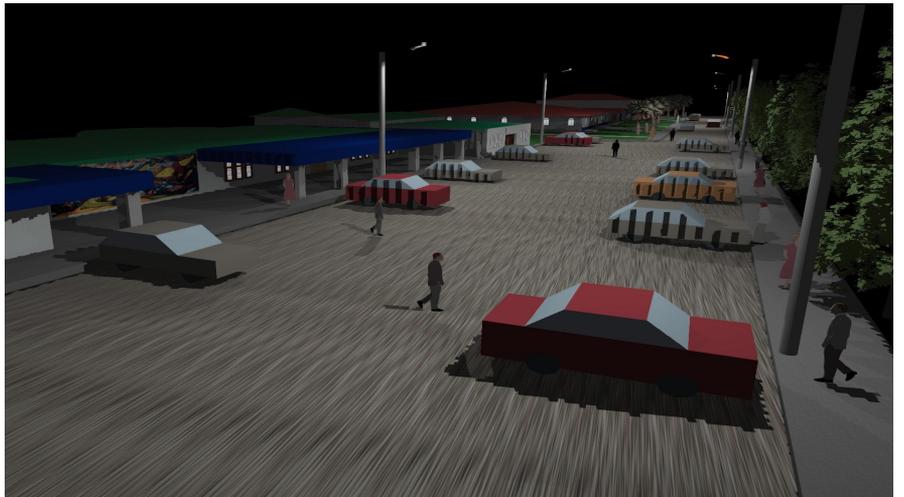
michael.cuenca@unl.edu.ec

## Imágenes

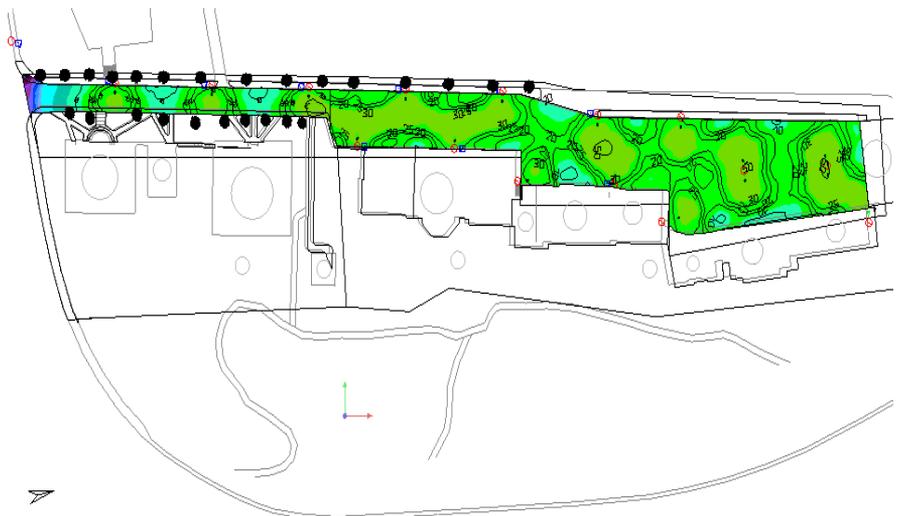
Vista aérea de la simulación



Situación actual de iluminación



Simulación en colores falsos



## Lista de luminarias

$\Phi_{total}$ 256020 lm	$P_{total}$ 1615.0 W	Rendimiento lumínico 158.5 lm/W
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

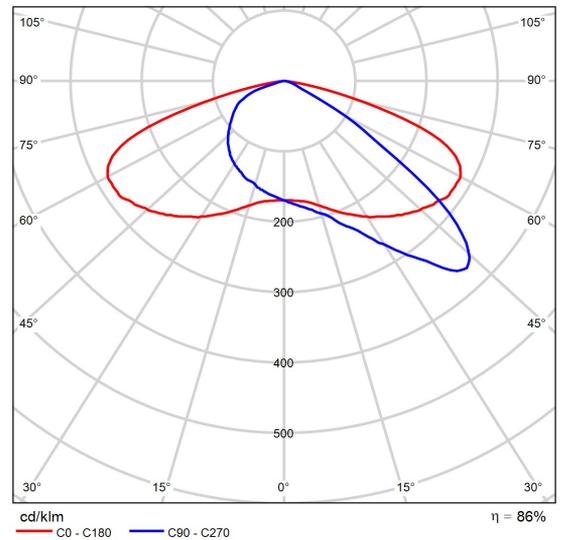
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
17	Schröder		TECEO GEN2 2 / 5308 / 80 LEDs 400mA NW 740 95W / / 522992	95.0 W	15060 lm	158.5 lm/W

## Ficha de producto

Schröder - TECEO GEN2 2 / 5308 / 80 LEDs 400mA NW 740 95W / / 522992



P	95.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	17593 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	15060 lm
$\eta$	85.60 %
Rendimiento lumínico	158.5 lm/W
CCT	4000 K
CRI	70



CDL polar



Terreno

Terreno

## Imágenes

Terreno

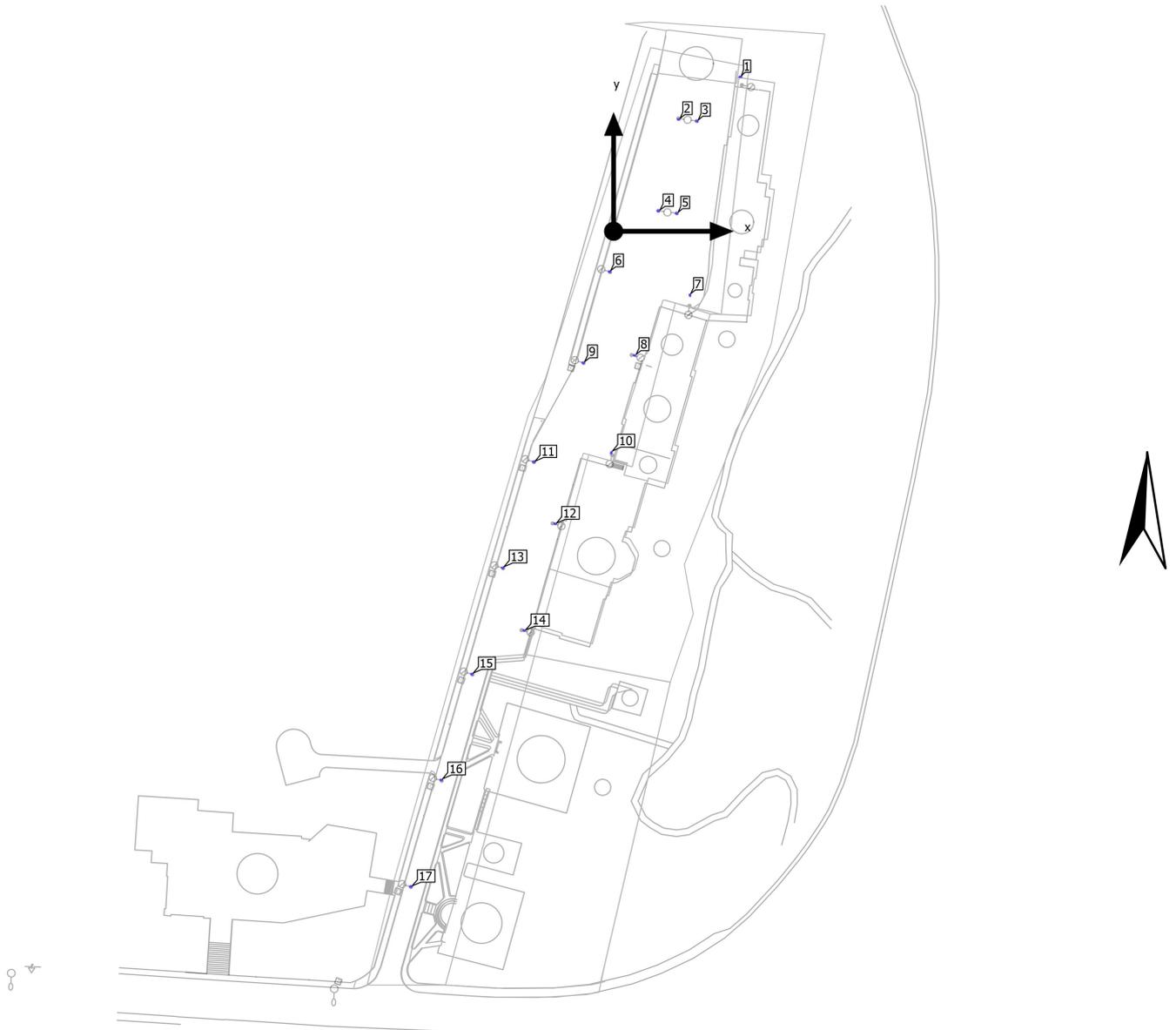


Terreno en simulación



Terreno

Plano de situación de luminarias



Terreno

## Plano de situación de luminarias



Fabricante	Schröder	P	95.0 W
Nombre del artículo	TECEO GEN2 2 / 5308 / 80 LEDs 400mA NW 740 95W / / 522992	$\Phi_{Luminaria}$	15060 lm
Lámpara	1x 80 LEDs 400mA NW 740		

### Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
40.086 m	48.830 m	8.50 m	1
20.751 m	35.384 m	8.50 m	2
25.745 m	34.955 m	8.50 m	3
14.414 m	6.394 m	8.50 m	4
19.429 m	5.743 m	8.50 m	5
-1.614 m	-12.738 m	8.50 m	6
24.000 m	-20.600 m	8.50 m	7
6.897 m	-39.466 m	8.50 m	8
-9.890 m	-41.574 m	8.50 m	9
-0.846 m	-70.445 m	8.50 m	10
-25.421 m	-72.952 m	8.50 m	11
-18.073 m	-92.767 m	8.50 m	12
-35.177 m	-106.527 m	8.50 m	13

Terreno

**Plano de situación de luminarias**

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
-27.769 m	-126.565 m	8.50 m	14
-44.832 m	-140.169 m	8.50 m	15
-54.479 m	-173.689 m	8.50 m	16
-64.020 m	-207.441 m	8.50 m	17

Terreno

**Lista de luminarias** $\Phi_{total}$ 

256020 lm

 $P_{total}$ 

1615.0 W

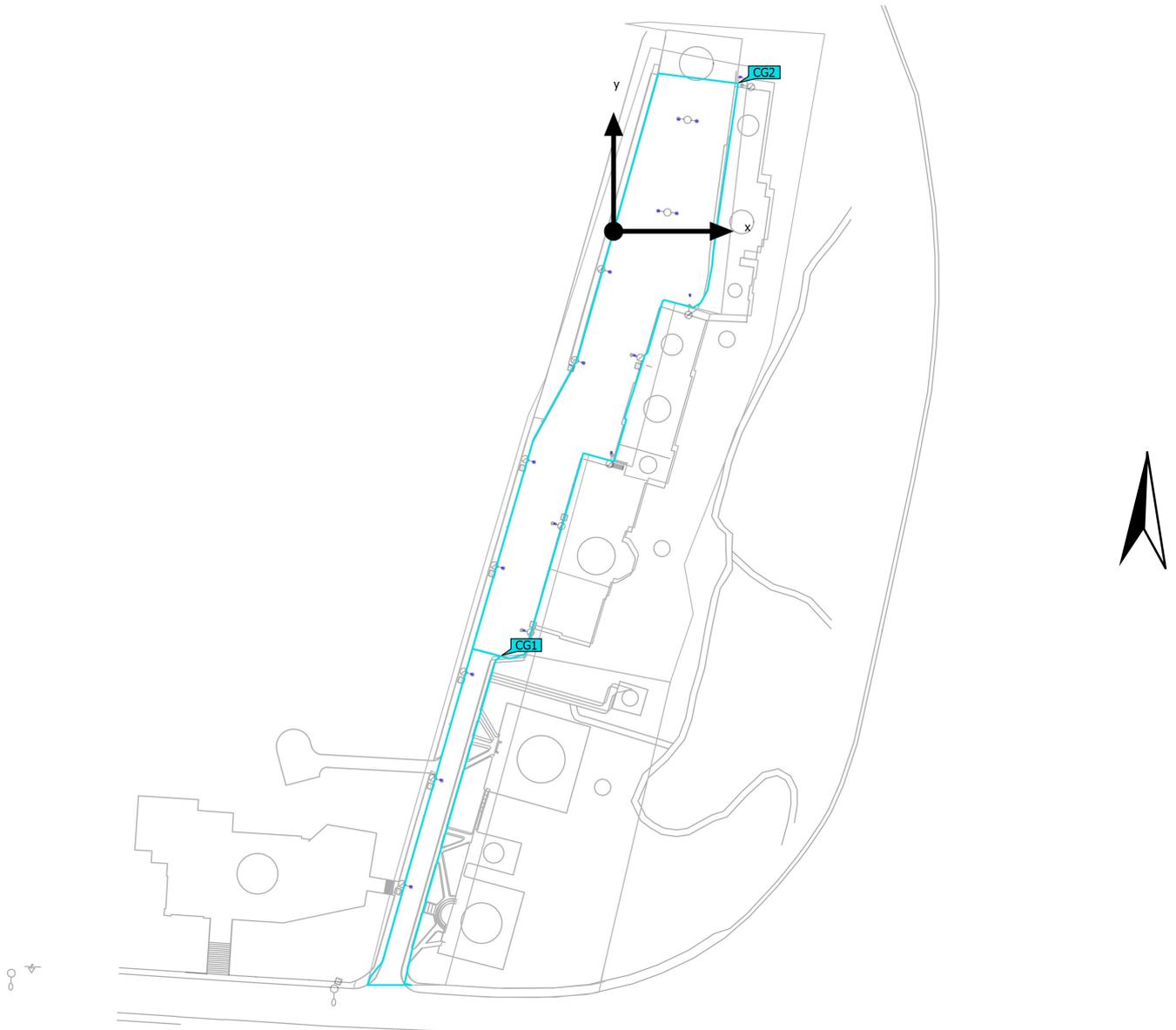
Rendimiento lumínico

158.5 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
17	Schröder		TECEO GEN2 2 / 5308 / 80 LEDs 400mA NW 740 95W / / 522992	95.0 W	15060 lm	158.5 lm/W

Terreno (Escena de luz 1)

**Objetos de cálculo**



Terreno (Escena de luz 1)

## Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$	$g_2$	Índice
Zona 1 Iluminancia perpendicular Altura: 0.200 m	20.0 lx	0.16 lx	42.2 lx	0.08	0.004	CG1
Zona 2 Iluminancia perpendicular Altura: 0.200 m	28.6 lx	6.25 lx	54.7 lx	0.22	0.11	CG2

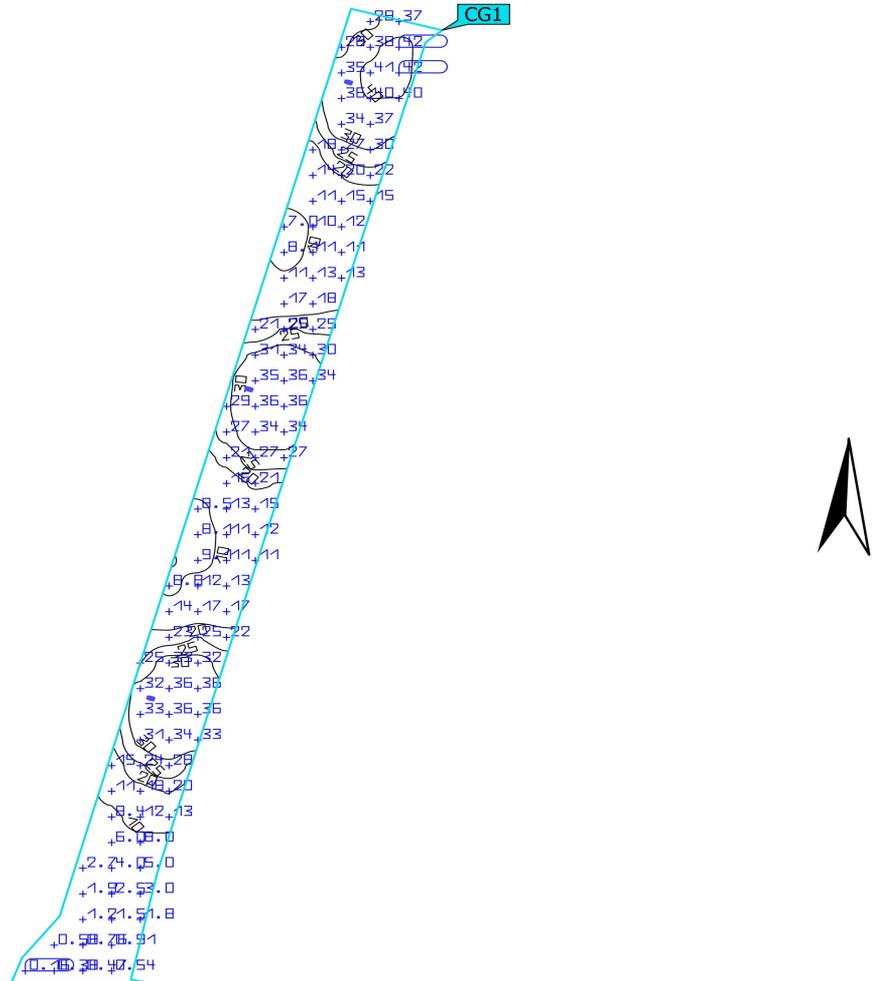
Perfil de uso: Aparcamientos (5.9.1 Escaso volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de tiendas, casas adosadas y bloques de viviendas, áreas de estacionamiento de bicicletas)

Indicaciones para planificación:

Proporción de luz diurna para Cielo despejado (Luz solar directa) el 25/05/2023 a las 12:00 ((UTC-05:00) Bogotá, Lima, Quito, Rio Branco).

Terreno (Escena de luz 1)

**Zona 1**



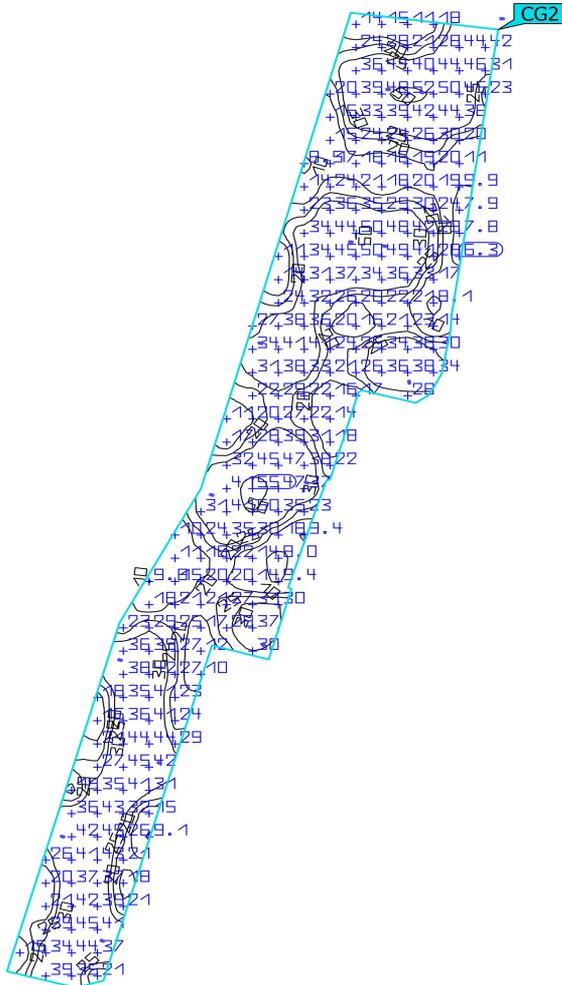
Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$	$g_2$	Índice
Zona 1 Iluminancia perpendicular Altura: 0.200 m	20.0 lx	0.16 lx	42.2 lx	0.008	0.004	CG1

Perfil de uso: Aparcamientos (5.9.1 Escaso volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de tiendas, casas adosadas y bloques de viviendas, áreas de estacionamiento de bicicletas)

Indicaciones para planificación:  
 Proporción de luz diurna para Cielo despejado (Luz solar directa) el 25/05/2023 a las 12:00 ((UTC-05:00) Bogotá, Lima, Quito, Rio Branco).

Terreno (Escena de luz 1)

**Zona 2**



Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$	$g_2$	Índice
Zona 2 Iluminancia perpendicular Altura: 0.200 m	28.6 lx	6.25 lx	54.7 lx	0.22	0.11	CG2

Perfil de uso: Aparcamientos (5.9.1 Escaso volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de tiendas, casas adosadas y bloques de viviendas, áreas de estacionamiento de bicicletas)

Indicaciones para planificación:

Proporción de luz diurna para Cielo despejado (Luz solar directa) el 25/05/2023 a las 12:00 ((UTC-05:00) Bogotá, Lima, Quito, Rio Branco).

## Anexo 20. Certificado de traducción.



Dirección: Calle La Condamine 26-37 y Avenida Pío Jaramillo Alvarado. Edificio Rosalía.  
[www.europeek.com.ec](http://www.europeek.com.ec)  
europeekloja@gmail.com  
LOJA-ECUADOR

Secretaría de Cualificaciones Profesionales y Gestión Artesanal Res. Nro. MDT-SCPGA-2023-0347

I can do it #YoSoyEuroPeek

Loja 22 de Abril del 2024

### CERTIFICADO DE TRADUCCION

EUROpeek INSTITUTO DE IDIOMAS

#### CERTIFICA:

Haber realizado la traducción de español a inglés del resumen de la Tesis titulada: **"Estudio de factibilidad para la implementación de alumbrado público con tecnología led para la facultad de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja"**, de autoría de Michael Vladimir Cuenca Carrión, portador de la cédula de Identidad Nro. 1150105292

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad. Facultando al interesado hacer uso del presente documento en lo que creyere conveniente.



Mg.Sc. Noralma Ordóñez Ortega  
**REPRESENTANTE LEGAL**  
EUROpeek INSTITUTO DE  
IDIOMAS

R.U.C.: 1102404553001



@Europeek



@Europeek



(07) 254 6834  
098 436 1690



098 980 0093