

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA CON TECNOLOGÍA LED,
HUÁNUCO-TINGO MARÍA-2023

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

VIDAL FERNANDO MACHCO HUAMAN

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Nº 001/2024-CPTGATP-FIME-UNAS

En la ciudad universitaria, a los 25 días del mes de julio de 2024, siendo las 14:20. p.m., reunidos en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de la Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Mecánica Electricidad, se instaló el jurado evaluador nombrado mediante Resolución Nº 053/2023-CF-FIME-UNAS, de fecha 15 de noviembre de 2023, a fin de dar inicio a la sustentación de la tesis para la obtención del **título de Ingeniero Mecánico Electricista** denominado: **"PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA CON TECNOLOGÍA LED, TINGO MARÍA-HUANUCO 2023"**, presentado por el Bachiller en Ciencias de Ingeniería Mecánica Eléctrica **VIDAL FERNANDO MACHCO HUAMÁN**.


Luego de la sustentación y absueltas las preguntas de rigor, se procedió a la respectiva calificación de conformidad con el **Art. 53º del Reglamento para el otorgamiento de Grados Académicos y Títulos Profesionales, modificado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (Resolución Nº 113-2019-CU-RUNAS)**, cuyo resultado se indica a continuación:

APROBADO POR : ..Unanimidad.....

CALIFICATIVO : ..Muy Bueno.....

Siendo las 15:18... p.m., se dio por culminado el acto público de sustentación de tesis, firmando a continuación los miembros del honorable jurado y su asesor, en señal de conformidad.

Tingo María, 25 de julio de 2024


.....
DR. LINCOLN ARISTOTELES CHIGUALA CONTRERAS
Presidente




.....
M.Sc. DEMETRIO LEON AYALA
Miembro


.....
M.Sc. NOE JORGE ANAHUA PEREZ
Miembro


.....
M.Sc. IVAN EDGAR MENDOZA AYRE
Asesor

Nota:

(Excelente = 19-20)
(Muy Bueno = 16, 17, y 18)
(Bueno = 13, 14, y 15)
(Regular = 11, 12,)
(Malo = 0, a 10)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 250 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA CON TECNOLOGÍA LED, HUÁNUCO-TINGO MARÍA-2023	VIDAL FERNANDO MACHCO HUAMAN	12 % Doce

Tingo María, 15 de agosto de 2024

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”


"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria De La Selva
Facultad : Ingeniería Mecánica Eléctrica
Escuela Profesional : Ingeniería Mecánica Eléctrica
Título de la Tesis : Propuesta de mejora del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con tecnología LED, Huánuco-Tingo María-2023.
Objetivo General : Realizar una propuesta de mejora del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco; con tecnología LED.
Autor de la Tesis : MACHCO HUAMAN, Vidal Fernando
DNI : 74445966
Correo Electrónico : vidal.machco@unas.edu.pe
Asesor : Ing. M. Sc. MENDOZA AYRE, Ivan Edgar
Área de investigación : Energía - Sistemas electromecánicos - Agrofísica
Grupo de Investigación : Energía - Sistemas electromecánicos
Línea de Investigación : Modelamiento, simulación y automatización de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos.
Lugar de Ejecución : Campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva
Fecha Inicio : 01/08/2023
Fecha Termino : 27/11/2023
Presupuesto : S/. 2000.00
Financiamiento : **Propio (X)** **FEDU ()** **Externo ()**



Vidal Fernando Machco Huaman
Tesista



Ing. M. Sc. Ivan Edgar Mendoza Ayre
Asesor

Tingo María – Perú, 2024

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo y sacrificio que me han brindado a lo largo de este camino. Cada logro alcanzado y cada desafío superado han sido posibles gracias a su incondicional respaldo y fe en mí. Gracias por ser mi mayor fuente de fortaleza y por estar siempre a mi lado. Esta tesis es para ustedes, con todo mi amor y gratitud.

A mi querido papá Benito Machco y a mi adorada hermana Delia Machco, con todo mi cariño y gratitud. Su apoyo incondicional y amor constante han sido fundamentales para que pueda avanzar en cada paso de este viaje. Ustedes son mis pilares y mi mayor fortaleza. Gracias por estar siempre a mi lado.

Dedico esta tesis a la memoria de mi madre, Paolina Huaman. Tu amor y sabiduría han sido mi guía constante. Aunque ya no estés aquí, siempre vivirás en mi corazón y en cada logro que alcanzo. Esta tesis es un homenaje a tu apoyo incondicional y a la fortaleza que me transmitiste.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concederme salud y la fortaleza necesaria para alcanzar una de mis metas más importantes: obtener mi título profesional. Sin Su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mi familia, por su apoyo constante y su ejemplo inspirador. Agradezco profundamente su comprensión, apoyo moral y económico, que han sido esenciales para mi desarrollo profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en particular a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, así como a toda su plana de docentes, por los conocimientos y la formación profesional que me han brindado a lo largo de mi carrera.

A mi asesor, **Ing. M.Sc. Ivan Edgar Mendoza Ayre**, por su invaluable guía y enseñanza durante la realización de esta tesis. Agradezco sinceramente cada consejo y cada momento dedicado a ayudarme a alcanzar este logro.

A mis miembros del jurado, **Dr. Lincoln Chiguala Contreras**, **Ing. M.Sc. Demetrio León Ayala** y **Ing. M.Sc. Noé Anahua Pérez**, por sus experiencias y recomendaciones han sido esenciales para mejorar y culminar este trabajo.

A **Elvia**, quien ha sido una fuente constante de apoyo y motivación a lo largo de este proceso. Gracias por dedicarme tu tiempo y tu cariño incondicional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.2.1. Hipótesis general	2
1.2.2. Hipótesis específicas.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.2. Marco teórico	8
2.2.1. Magnitudes de la iluminación.....	8
2.2.1.1. Flujo luminoso.....	8
2.2.1.2. Rendimiento luminoso.....	8
2.2.1.3. Intensidad luminosa.....	8
2.2.1.4. Nivel de iluminación o iluminancia (lux).....	9
2.2.1.5. Grado de uniformidad.....	9
2.2.1.6. Curva fotométrica.....	9
2.2.2. Tecnología LED	10
2.2.3. Evolución de la luminaria LED	12
2.2.4. Iluminación de exteriores	12
2.2.5. El alumbrado exterior y la tecnología LED.....	13
2.2.6. Localización de luminarias.....	13
2.2.7. Casos especiales de disposición de luminarias.....	16
2.2.8. Tipos de iluminación exterior.....	17
2.2.9. Iluminación LED	18
2.2.10. Programas para diseño de iluminación	19
2.2.11. Software de iluminación DIALux	20

2.2.12. Indicadores que maneja DIALux.....	21
2.2.13. Grado de protección IP	21
2.2.14. Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Lugar de ejecución	25
3.2. Materiales y equipos.....	25
3.3. Métodos	25
3.3.1. Tipo de investigación.....	25
3.3.2. Enfoque de investigación.....	25
3.3.3. Nivel de investigación	26
3.3.4. Método de investigación.....	26
3.3.5. Diseño de investigación.....	26
3.3.6. Población y muestra.....	26
3.3.7. Variables de la investigación:.....	27
3.3.8. Operacionalización de las variables	28
3.3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.3.10. Métodos de análisis de datos	29
3.3.11. Procedimiento	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Evaluación del nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando el Software DIALux.	30
4.1.1. Presentación de datos de estado actual	30
4.1.2. Resultados de nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando el Software DIALux.....	32
4.2. Diseño luminotécnico por medio del software DIALux con la tecnología LED como una propuesta para mejorar la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	36
4.2.1. Simulación automática en DIALux	36
4.2.2. Simulación manual en DIALux	43

4.3.	Comparación de los resultados de la situación actual en la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con la situación simulada propuesta en lo que respecta en la iluminación media, para determinar el porcentaje de mejora.	49
4.3.1.	Evaluación de la iluminación actual	49
4.3.2.	Diseño luminotécnico mediante DIALux	50
4.3.3.	Comparación de la situación actual y la propuesta de iluminación.....	50
V.	CONCLUSIONES	52
VI.	RECOMENDACIONES	53
VII.	BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Tipos de alumbrado según su clasificación vial.	23
2. Tipos de superficie y calzada.....	24
3. Rangos de luminancia, iluminancia y índice de control de deslumbramientos.....	24
4. El tipo de alumbrado y la Uniformidad media de iluminancia.....	24
5. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) del área de investigación.....	25
6. Operacionalización de variables independientes y dependiente.....	28
7. Datos de vías analizadas	32
8. Resultados de la iluminación de la situación actual.	34
9. Resultados lumínicos de la calle N°3.	39
10. Resultados lumínicos de la calle N°2.	42
11. Numero de luminarias.....	45
12. Resultados lumínicos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Curva fotométrica.	10
2. Comparación de vida útil y su eficiencia lumínica de diferentes luminarias en el mercado.	11
3. Disposición unilateral.	14
4. Disposición Central doble (para $1,5\text{ m} \geq b \leq 4\text{ m}$).....	14
5. Disposición Bilateral alternada	14
6. Disposición bilateral opuesta.....	15
7. Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b).....	15
8. Disposición, doble central doble.....	16
9. Disposición de luminarias en trayectos curvos.	17
10. Clasificación IP.	22
11. Calle N° 3.....	30
12. Calle N° 2.....	31
13. Especificación técnica del reflector Guell 2 S/W 103W.....	32
14. Especificación técnica de la luminaria WSL - 870 70W.....	33
15. Objetos de cálculo.	34
16. Simulación en DIALux de la Situación actual – vista 3D	35
17. Selección de opción de simulación.....	37
18. Diseño de la Calle N°3 en DIALux.....	37
19. Especificación técnica de la luminaria KREOS NEMA 44W.....	38
20. Resumen de instalación de las luminarias.	38
21. Gráfico de valores iluminancia de la calle N°3.....	39
22. Diagrama de mapa isolux de la calle N°3.....	40
23. Diseño de la calle N°2 en DIALux	40
24. Especificación técnica de la luminaria THEOS GLASS MINI 19W.....	41
25. Resumen de instalación de las luminarias.	41
26. Diagrama de mapa isolux de la calle N°2.....	42
27. Gráfico de valores de iluminancia de la calle N°2.....	42
28. Importación de plano.....	43
29. Modelamiento de calles de la UNAS.....	44

30.	Modelamiento 3D del entorno de la calle N°3 y calle N°2 (UNAS).	44
31.	Objetos de cálculo. Simulación manual.	45
32.	Simulación en DIALux – vista 3D.	46
33.	Simulación en DIALux – vista 3D (UNAS).	47
34.	Simulación en DIALux – vista 3D (UNAS).	48
35.	Comparación de la situación actual y la propuesta de iluminación con LED	51
36.	Vista principal de las calles Nro. 2 y calle Nro. 3.	59
37.	Reconocimiento del área de trabajo, calle Nro. 2 y Nro. 3.	59
38.	Evaluación y recolección de información.	60
39.	Recolección de información.	60
40.	Mapa de la ubicación de la zona de estudio	61
41.	Plano de red de alumbrado exterior de vías.	62

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo: “Realizar una propuesta de mejora del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco; con tecnología LED”. La metodología corresponde al de una investigación aplicada, con diseño descriptivo-comparativo; los datos fueron conseguidos con la técnica de la observación y la simulación en el software DIALux. La población fue el sistema de iluminación exterior de la UNAS y la muestra fueron dos calles pertenecientes al campus de la Universidad Agraria de la Selva. Resultados y conclusiones: El estudio se realizó en dos calles de la Universidad Nacional Agraria de la Selva las cuales son: calle N°3 y calle N°2. Para el estado actual se obtuvo $E_m=1.75$ lux, $U_o=0.015$ y un $E_m=1.65$ lux; $U_o=0.022$ respectivamente, por lo que afirma que tienen una iluminación deficiente. Para la propuesta de iluminación se seleccionó dos tipos de luminarias con las siguientes características: Para la calle N°3: tecnología LED, instalación encima de mástil, 44W, dos luminarias por poste y para la calle N°2: tecnología LED, instalación encima de mástil, 19W, una luminaria por poste. Para la propuesta se obtuvo: $E_m=17$ lux con uniformidad $U_o=0.47$, para la Calle N°3 y $E_m=5.31$ lux con uniformidad $U_o=0.33$, para la Calle N°2; valores que cumplen con la norma. Para la calle N°3 se logró mejorar la iluminancia media un 871% y para la calle N°2 se logró mejorar la iluminancia media un 222%.

Palabras claves: DIALux, exterior, iluminación, uniformidad.

A Proposal to Improve the Outdoor Lighting System at the Universidad Nacional Agraria de la Selva using LED Technology in Huánuco, Tingo Maria During 2023

Abstract

The objective of the present study was to, “Create a proposal to improve the outdoor lighting system at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Huánuco, [Peru], using LED technology.” The methodology corresponded to an applied research with a descriptive, comparative design. The data was obtained using the observation technique and simulations with DIALux software. The population was the outdoor lighting system at the UNAS (acronym in Spanish), and the sample was two streets that belong the Universidad Agraria de la Selva campus. The results and conclusions were that the study was carried out on two streets at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, which were N°3 street and N°2 street. For the current state, $E_m=1.75$ lux, $U_o=0.015$ and $E_m=1.65$ lux; $U_o=0.022$ were obtained, respectively; thus, affirming that there was deficient illumination. For the lighting proposal, two types of lights were selected with the following characteristics: for N°3 street: LED technology, installed on a post, 44W, [and] two lights per post; for N°2 street: LED technology, installed on a post, 19W, [and] one light per post. [The results] that were obtained from the proposal were: $E_m=17$ lux with a uniformity of $U_o=0.47$ for N°3 street and $E_m=5.31$ lux with a uniformity of $U_o=0.33$ for N°2 street; [these are] values that meet the standards. For N°3 street the average illumination was improved by 871% and for N°2 street, the average illumination as improved by 222%.

Keywords: DIALux, outdoor, illumination, uniformity

I. INTRODUCCIÓN

Una vez que llega la noche, contar con iluminación exterior adecuada nos ofrece la oportunidad de explorar algunas áreas, tales como las vías públicas de tránsito vehicular y peatonal. Sin embargo, en el ámbito global y en diversas zonas del Perú, aun no se ha alcanzado a mejorar el sistema de iluminación exterior de áreas externas de edificios y carreteras. Por lo tanto, la iluminación insuficiente genera la inseguridad ciudadana, aumentando el riesgo de robos y otros delitos durante la noche. Así mismo, la iluminación exterior del campus de la Universidad Nacional Agraria de la selva (UNAS) dispone luminarias convencionales HPS, puesto que no cuenta con los niveles lumínicos adecuados que limita tránsito vehicular y peatonal. Además, genera efectos negativos al medio ambiente, inseguridad e incomodidad de las personas que realizan diversas actividades nocturnas. Debido a esta realidad, la investigación propuso la siguiente interrogante problemática: Cómo se debería mejorar el sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco-2023. El proyecto de investigación se justificó teniendo en cuenta los problemas que causa la inadecuada iluminación en las diferentes vías en el campus universitario. Además, los efectos negativos que causa al medio ambiente y las mayores desventajas para el bienestar de la sociedad en sus actividades nocturnas. Al realizar una investigación de este tipo, se enfocará mejor el tema de la iluminación exterior en el campus universitario. Al migrar hacia luminarias LED, se espera lograr una iluminación más uniforme, reducir el consumo de energía y los costos asociados, así como mejorar la seguridad y el confort visual de la comunidad universitaria. Esta propuesta no solo busca cumplir con los estándares de iluminación, sino también contribuir a la sostenibilidad y al bienestar de quienes transitan por el campus durante la noche. De acuerdo a las premisas anteriores, los objetivos de esta tesis es el siguiente:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco; con tecnología LED.

1.1.2. Objetivos específicos

- Hacer una evaluación del nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).
- Realizar un Diseño luminotécnico por medio del software DIALux con la tecnología LED como una propuesta para mejorar la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Comparar los resultados de la situación actual en la iluminación exterior de la UNAS con la situación simulada propuesta en lo que respecta a la iluminancia media en función a la eficiencia, para así determinar el porcentaje de mejora con respecto a esa variable.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

El sistema simulado propuesto mejorará la iluminación de las zonas analizadas en comparación con el sistema de iluminación exterior que existe en la actualidad.

1.2.2. Hipótesis específicas

- El sistema de iluminación exterior actual es deficiente con respecto a la normativa peruana: R.M. N° 013-2003-EM/DM: Norma Técnica de alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución.
- El sistema diseñado cumplirá con la normativa correspondiente. R.M. N° 013-2003-EM/DM: Norma Técnica de alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución.
- El sistema diseñado tendrá niveles de iluminancia media (Lux) un 20%, como mínimo, superiores a los mostrados en la iluminación exterior que existe en la actualidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Aiastui (2023) en su trabajo de investigación “Towards more efficient industrial lighting”. Investigó las posibilidades de lograr una iluminación industrial más eficiente. En este estudio se exploraron diversas medidas de eficiencia energética que podrían aplicarse en la iluminación industrial. Los resultados muestran que el uso de luminarias energéticamente eficientes como las luces LED, la optimización de los controles de iluminación y la adopción de soluciones de iluminación inteligente que integran la luz natural, en la estrategia de iluminación y diseño. Son las medidas más efectivas para la reducción del consumo energético e incrementar la eficiencia. Así se logra examinar los valores añadidos o beneficios no relacionados con la energía de una iluminación industrial eficiente. Los hallazgos indican que, además de los ahorros económicos, una iluminación eficiente conlleva a mejoras en la calidad de los entornos laborales, incrementa la seguridad, la salud de sus trabajadores y reduce impactos ambientales. Además, el estudio sugiere que en muchos casos los valores añadidos de la iluminación, no se les otorgan la importancia que deberían tener y no se consideran cuando se planea una inversión en eficiencia energética.

Sutopo et al. (2020) en el artículo de investigación titulada: “A Model to Improve the Implementation Standard of Street Lighting Based on Solar Energy”. El objetivo general de estudio fue el realizar un análisis de mejora del estándar de implementación en energía solar de la iluminación pública. Realizó un modelo para las evaluaciones de las condiciones actuales en cuanto a categorías de iluminación, distanciamiento de un poste a otro, altura y potencia de las lámparas. Al realizar las evaluaciones de las condiciones en las que se encuentra el sistema de iluminación, el resultado muestra que estas condiciones no son las adecuadas según el estándar actual, con un área sin iluminación del 64.7%. Realizo la propuesta de realizar la instalación de iluminación pública alternativa. esquematizada por el software DIALux, para formalizar con el estándar técnico de iluminación pública, utilizando luminarias led. También indica que este diseño alternativo puede utilizarse para renovar la iluminación pública existente con un mejor rendimiento y fiabilidad. En consecuencia, sus análisis indican que la

energía solar se puede implementar de manera factible, haciendo el uso adecuado de las tecnologías actuales, la cual ayudará a optimizar el sistema de iluminación pública mediante el uso de luminarias Diodo Emisor de Luz (LED), también sugiere que el modelo propuesto puede aplicarse para mejorar el estándar de implementación de la iluminación pública basada en energía solar.

Valetti et al. (2021) en el artículo de investigación titulada: “Renovation of Public Lighting Systems in Cultural Landscapes: Lighting and Energy Performance and Their Impact on Nightscapes”. En el cual se ha analizado la tecnología de Diodo Emisor de Luz (LED) en varios aspectos, con el fin de aplicar a instalaciones de iluminación pública. Sustituyendo el uso y la tecnología predominante para incrementar la eficiencia energética y reducir los costos de mantenimiento. Para lograr estos resultados, las nuevas luminarias suelen caracterizarse por una distribución del flujo luminoso mucho más orientada hacia abajo, lo que puede influir notablemente y alterar la percepción de la imagen nocturna de los lugares. Se analizaron las implicaciones de la renovación de los sistemas de iluminación pública en términos de rendimiento lumínico y energético, así como los efectos relacionados con la alteración de la imagen nocturna, en contextos históricos caracterizados por un valor paisajístico significativo. Los resultados, además de demostrar el efecto positivo de los sistemas de iluminación más sostenibles y eficientes, pueden tener un mejor rendimiento lumínico y energético de los sistemas de iluminación pública, Se evidencia el impacto que pueden tener en la alteración de la imagen nocturna.

Bachanek et al. (2021) en su investigación titulada: “Intelligent Street Lighting in a Smart City Concepts—A Direction to Energy Saving in Cities: An Overview and Case Study”. Su objetivo de estudio fue la presentación y el análisis de la implementación de una iluminación inteligente dentro del marco de energías y ciudades inteligentes. Uno de los elementos de la ciudad inteligente implementados por las ciudades, es la energía inteligente. Dentro de este contexto, un concepto respaldado es la renovación de iluminación tradicional por la tecnología LEDs (diodos emisores de luz), que contribuye al ahorro de energético, costos y reduce la contaminación del cielo con luz artificial, al tiempo que aumenta la eficiencia de la iluminación urbana. Los efectos positivos de las soluciones modernas incluyen la reducción de los gastos de iluminación y el aumento de la seguridad de los residentes. Presentaron pronósticos para el desarrollo,

muy aparte referente al número de lámparas, sino también de la eficiencia de costos, señalando la importancia de este elemento en el contexto de la construcción de ciudades inteligentes. Estos son puntos de referencia específicos para ciudades que aún no han implementado este concepto. Las consideraciones muestran un pronóstico de desarrollo cuantitativo y una indicación de la posibilidad de lograr compensaciones y reducciones de costos, los ejemplos y análisis indicados son de importancia económica, social y ambiental para encaminarlos al concepto de ciudad inteligente, permitirá ahorrar costos, pero también incrementará la calidad de vida de los usuarios.

Jimenes & Proaño (2020) en su investigación: “Diseño de un Sistema de Alumbrado LED a través de Energía Fotovoltaica para Brindar Niveles de Calidad de Iluminación en el Parqueadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi”. Los investigadores evaluaron el sistema de iluminación exterior utilizando tecnología LED y energía solar, debido a que el estacionamiento no alcanzaba los niveles de iluminación necesarios. Emplearon el software DIALux evo para simular la mejora, obteniendo resultados de 518 lux en el acceso, 132,83 lux en las áreas de tránsito y 113,75 lux en las plazas de estacionamiento, cumpliendo con la normativa NTE INEN 2248. Además, recopilaron datos sobre luminarias LED de 245 W y 134 W con eficiencias de 145 lm/W y 146 lm/W, respectivamente. El sistema fotovoltaico consta de 28 paneles de 360 W, 28 baterías de 240 Ah, reguladores de carga y un inversor. Con un costo de kWh de USD 0,6812, el proyecto presenta un Valor Actual Neto (VAN) de \$66 525,60 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 25,35 %, demostrando su rentabilidad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Juárez (2021) realizó una investigación titulada: “Implementación con luminarias no convencionales para el sistema de iluminación exterior en la subestación GIS Sauces de 230 KV”. Presentó una propuesta de análisis técnico y económica para implementar luminarias tipo LED, frente a luminarias convencionales HPS; La propuesta para realizar el análisis de comparación técnica se realizó utilizando información de las mismas luminarias. El análisis económico se efectuó utilizando la información del consumo energético, mantenimiento, renovación de equipos y la operación por medio del método de valor Actual Neto. Los resultados determinaron que para iluminar de forma adecuada el área exterior de esta subestación, se necesitan 3.577 W para la tecnología LED y 5.858 W para la iluminación alternativa convencional. Aquí nos muestra un ahorro del 64% de capacidad instalada en

luminarias LED frente a la alternativa convencional. La tecnología LED determina una vida útil de 50,000 horas. y la renovación promedio de 15 años a comparación de la tecnología convencional, que es 16,000 horas de vida útil y una reposición promedio de 5 años. En referencia a las categorías de iluminación muestra que la tecnología LED es superior de 2% y 50% a los niveles brindados por la iluminación convencional. Así se garantiza que la opción técnica y económica más conveniente de implementar luminarias para un sistema de iluminación exterior se confirma que la tecnología LED es la más efectiva y rentable.

Egusquiza (2023) en su investigación titulada: “Diseño del sistema de iluminación con tecnología LED y su control inteligente para el edificio de la empresa JLINSAC”. Su objetivo general fue realizar un diseño de sistema de iluminación utilizando tecnología LED y el control inteligente para el edificio de la empresa JLINSAC. efectuó un análisis del sistema de iluminación vigente y de los gastos necesarios para aumentar la eficiencia energética en el edificio. Los cálculos se realizaron utilizando el prototipo de iluminación general y métodos luminotécnicos como los lúmenes por fórmula y el programa DIALux. Luego de su análisis proporcionaron tablas comparativas de consumo energético y ahorro económico, además de diseñar planos de ingeniería. Así mismo realizaron la comparación de los consumos energéticos, observando una diferencia significativa del 66.62% (S/. 22,998.68 anuales), y se calculó el ahorro económico que permitiría recuperar las inversiones entre el quinto y sexto año.

León & Zavaleta (2023) en su investigación titulada: “Diseño de Sistema Fotovoltaico para suministrar electricidad a un sistema de iluminación LED de una plataforma deportiva en Chilete – Cajamarca”. Su propósito de investigación fue desarrollar un sistema fotovoltaico y abastecer de energía eléctrica a la iluminación LED. La población de interés consistió en el complejo deportivo situado en el distrito de Chilete. Los resultados indicaron que se necesitan 08 proyectores LED para la iluminación de la plataforma, las cuales deberían estar alimentadas por el sistema fotovoltaico compuesto por 02 paneles solares, 04 baterías, 01 controlador de carga y un inversor de energía. La evaluación económica del proyecto ha mostrado un Valor Actual Neto (VAN) positivo, lo que indica que se espera que el proyecto genere más ingresos de los que costará, y una Tasa Interna de Retorno (TIR) favorable. Además, el proyecto tiene un tiempo estimado de recuperación de la inversión de 5 años. Con 5.533 horas pico de sol al año, se generará suficiente energía fotovoltaica, equivalente a 6.031

kWh/día, para alimentar los 08 proyectores LED de 200 W cada uno durante 3.5 horas. al día, lo que resultaría económicamente viable.

Valdivieso (2021) en su trabajo de investigación: “Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura”. Su finalidad fue utilizar las luminarias del tipo LED y diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para ofrecer energías para la iluminación interior y cargas menores del edificio “A” , así como la zona principal de la calzada y playa de estacionamiento. Para ello evaluó el nivel de iluminación exterior e interior de los ambientes y zonas exteriores del edificio A y compararlos con los valores de la norma establecida. También se simuló cada zona haciendo uso del programa DIALux con las luminarias tipo LED para potenciar el sistema de iluminación. Asimismo, se diseñó el sistema fotovoltaico independiente con la finalidad para determinar la cantidad estimada de paneles solares que se necesitará para encender las luminarias. A pesar de ser una propuesta interesante, concluyó que el sistema en su conjunto no es atractivo financieramente debido al costo elevado de su implementación.

Medina (2022) en su trabajo de investigación: “Propuesta de instalación de lámpara LED para mejorar el alumbrado público en la zona centro de Huancayo -2022”. Propuso instalación de lámparas de tecnología LED para mejorar el alumbrado público de la zona centro de Huancayo. La muestra de estudio fue 256 luminarias (muestra 1) convencionales, específicamente de vapor de sodio de alta presión, que están ubicadas en dicha zona de estudio. Para llevar a cabo la medición de la iluminancia (E) en la fase preprueba se contó con un luxómetro, y a partir de esta medición obtener una visión de cómo se comparan los demás indicadores luminotécnicos (L, UO, UL, TI, SR, E, IE), debido a la ausencia de instrumentos para realizar estas mediciones. Se constató que los estándares que garantizan la calidad de nivel de iluminación pública no están dentro del rango mínimo que exige la normativa nacional e internacional. Para adecuar y/o mejorar la calidad de los parámetros exigidos la normativa vigente, se diseñó un programa en el software Matlab, para realizar los cálculos luminotécnicos de los parámetros de alumbrado público con luminarias LED de la marca PHILIPS. concluyó que los nuevos valores de los parámetros de alumbrado público con luminarias LED se mejoraron notablemente, cumpliendo con el rango mínimo que exige la normativa correspondiente, y luego se han observado de manera más realista la instalación de luminarias LED, a través de la simulación en el programa DIALux.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Magnitudes de la iluminación

Para poder tener una definición correcta de iluminación, es importante tener en cuenta las características o magnitudes de la fuente que produce la luz y del objeto al cual se va a iluminar.

2.2.1.1. Flujo luminoso

Johansson et al. (2011) definen como “Potencia de energía radiante estimada en referencia con las sensaciones luminosas producidas”. Es simbolizado por la letra Φ , unidad el lumen (Lm) y la unidad de potencia corresponden a 1/680W, emitido con longitud de onda a 5550Å (longitud a la que el ojo humano es muy sensible).

2.2.1.2. Rendimiento luminoso

Es el resultado que se obtiene entre la potencia luminosa y la potencia radiante. Este rendimiento es representado por la letra (η) y la unidad son el Lumen/Vatio (Lm/W) (D’Addario, 2017).

A continuación, Se expresa con la siguiente ecuación para calcular el rendimiento luminoso de una fuente de luz:

$$\eta = \frac{\phi}{\rho} \dots\dots\dots \text{ecuación (1)}$$

Donde:

ϕ = Flujo luminoso en lm

ρ = Potencia en W

2.2.1.3. Intensidad luminosa

Son una de las magnitudes luminotécnicos, que describe la cantidad de luz que emite una fuente de luz en una dirección por unidad de ángulo sólido. Esta intensidad luminosa es un indicador de la concentración de luz o las densidades de luz emitidas. La magnitud luminosa hace una descripción de la radiación que es emitida en una dirección específica (D’Addario, 2017).

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

$I =$ Intensidad luminosa en la dirección considerada (expresada en candelas)

$\phi =$ Flujo luminoso contenido en el ángulo sólido en lúmenes

$\omega =$ Valor del ángulo sólido (expresado en estereorradianes)

2.2.1.4. Nivel de iluminación o iluminancia (lux)

Determina las cantidades de flujo luminoso que inciden sobre un área. Es decir, es el promedio de la cantidad de luz recibida sobre una superficie, al estar iluminada por una fuente de luz. Representada con la E, su unidad es el Lux. Puede también definirse al Lux como la iluminancia de una determinada área de 1(m.) cuadrado, cuando la incidencia de luz es uniformemente distribuida, el flujo luminoso del lumen. (Harper, 2003).

$$E = \frac{\phi}{S} \text{ lx} = \frac{1\text{lm}}{1\text{m}^2} \dots\dots\dots \text{ecuación (3)}$$

Donde:

$E =$ Nivel medio de iluminación en lx

$S =$ Superficie a iluminar en m^2

2.2.1.5. Grado de uniformidad

Este indicador nos ofrece el rango de homogeneidad cuando se realiza una distribución de iluminancia sobre una determinada superficie. Es de mucha importancia ya que los niveles de iluminancia no son uniformes y al controlar su cambio es posible determinar el confort y la visibilidad.

- Factor de uniformidad media (U_0)

Determina las relaciones entre la iluminación media y la iluminación mínima que inciden en una determinada superficie de una específica instalación.

$$U_0 = \frac{E_{\text{mínimo}}}{E_{\text{media}}} \dots\dots\dots \text{ecuación (4)}$$

2.2.1.6. Curva fotométrica

Son representaciones en 2 dimensiones de la distribución o forma de luz emitida por la lámpara en un área o espacio. Normalmente se corta la representación

luminosa en un plano longitudinal (C90), y también se puede realizar el corte en un plano transversal (C0). Estas curvas nos indican la magnitud de distribución de la intensidad luminosa con respecto a las coordenadas polares con su eje céntrico de la luminaria donde su intensidad es cero (0) y el punto más alejado del centro en donde se encuentran las intensidades máximas. La intensidad real se refiere a un flujo de 1000 lm. (Del Rio, 2017).

A continuación, se presenta la ecuación de la intensidad real:

$$I_{Real} = \Phi \cdot \frac{I_{Grafico}}{1000} \dots\dots\dots \text{ecuación (5)}$$

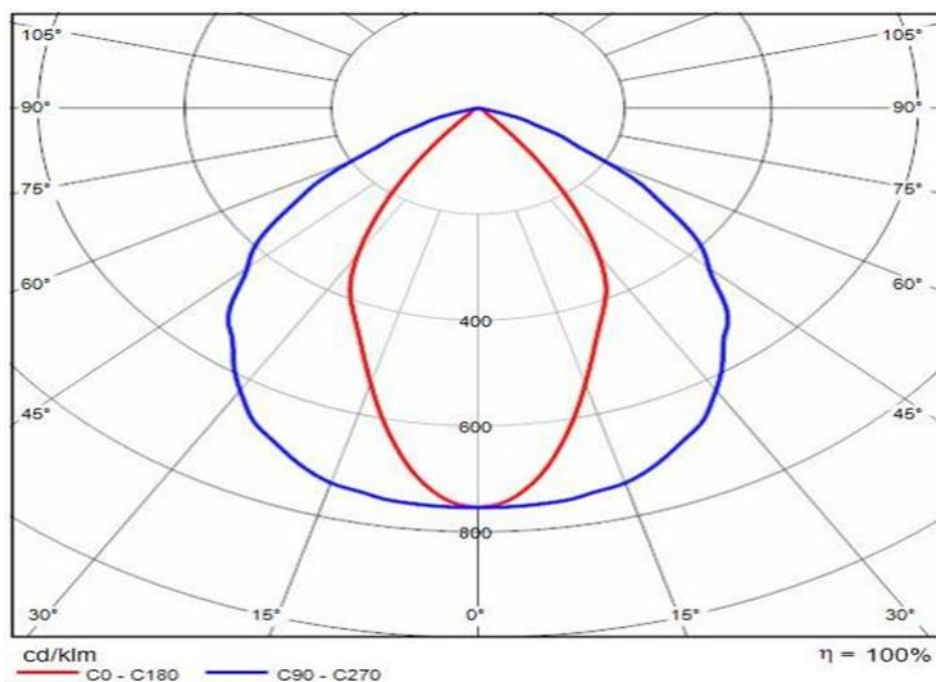


Figura 1. Curva fotométrica.

2.2.2. Tecnología LED

Se trata de un "chip" de (Si) Silicio, tamaños minúsculos construidos con cristales, por el que pasa una pequeña corriente eléctrica para generar luz eléctrica. Son producidos de un solo color según la forma de uso que se les van a asignar sin la necesidad de filtros. Existen en el mercado actual variedad de modelos disponibles en variedad de colores por la forma como concentran la luz de salida sin sus componentes adicionales, esta tecnología es la más eficiente con respecto a iluminación, además de tener una mayor relación costo beneficio. (Juntunen, et al., 2013). Su vida útil es de 50,000 hras., representando una duración de 20 veces mayor que la más óptima lámpara incandescente (5,000 hras.) y 2 veces de mayor duración que lámpara fluorescente (50,000 horas), las LEDs tienen buen tiempo de duración y

se les puede considerar que es virtualmente una tecnología robusta e indestructible. al ser luces de voltaje bajo las LEDs se adecúan naturalmente y con facilidad a las fuentes de energía solar. (Llorente, 2014).

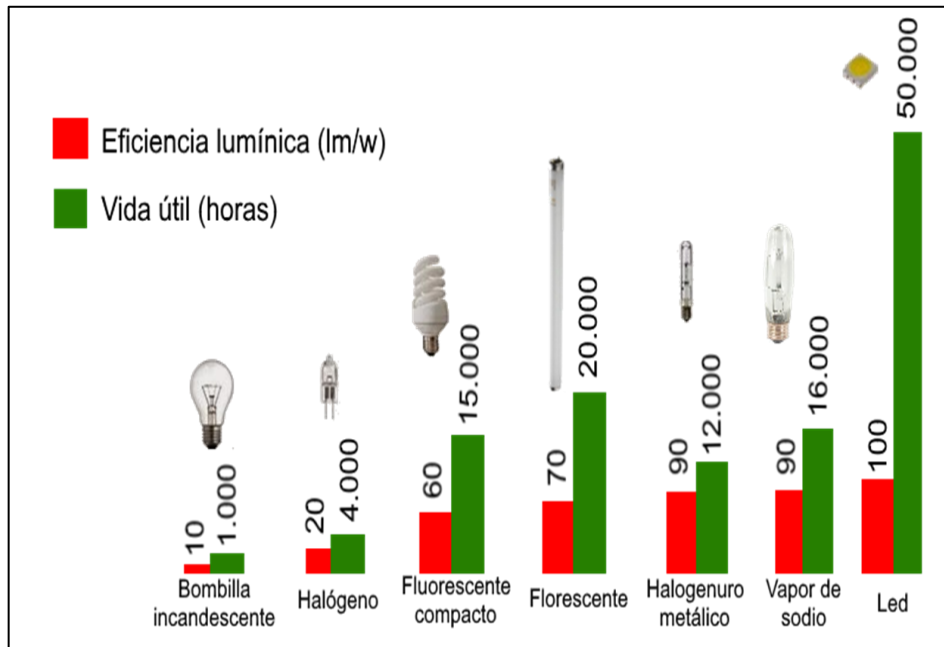


Figura 2. Comparación de vida útil y su eficiencia lumínica de diferentes luminarias en el mercado.

La tecnología LED viene siendo de un gran interés por la iluminación que brindan generalmente en vías públicas, algunas investigaciones demuestran que el uso de las luminarias convencionales está siendo desplazadas por esta nueva tecnología. La inversión para su implementación ofrece un ahorro de energía considerable y brinda una rápida recuperación de la inversión, es importante resaltar que la mayoría de los diseños para la iluminación de sectores públicos, en los últimos años vienen implementando con esta tecnología, pues ofrece grandes beneficios (Petrinska & Ivanov, 2019). El progresivo surgimiento y las mejoras constantes de las LED, como fuente principal de iluminación y por brindar mayor flexibilidad, ha venido permitiendo el desarrollo de diseños cada vez más actualizados en el sector de la arquitectura moderna. La iluminación que emite esta nueva tecnología ofrece la implementación de una diversidad de colores, ofrece una visión más atractiva, detallada y ecoamigable de las obras de ingeniería que se pueden apreciar en las ciudades (Zajac & Przybylek, 2020). La demanda y uso de estas luminarias, en la actualidad se han incrementado, debido a sus altos costos de ahorro económico y energético que ellas nos brindan y proporcionan un grato ambiente para el desarrollo de actividades diarias que desarrolla el ser humano. (Li & Gu, 2014).

2.2.3. Evolución de la luminaria LED

El diodo emisor de luz, es un elemento electrónico no lineal y al tener la capacidad de conducción en un solo rumbo, al ser atravesada por la energía eléctrica estas emiten un fotón debido a su capacidad electroluminiscente. Están compuestos de 2 polaridades: La parte negativa (1 ánodo) y la parte positiva (1 cátodo). El diodo está conformado de un chip solido semiconductor que tiene la capacidad de emisión de luz en el espectro electromagnético, desde rayos ultravioleta hasta infrarrojos. La principal característica de esta iluminación es que no tienen la presencia de gases o elementos tóxicos. Henry Joseph Round, un experto en radiocomunicación, creó el primer diodo semiconductor en 1907 después de experimentar haciendo uso de un cristal compuesto por germanio y descubrir los fenómenos físicos de electroluminiscencias. Sin embargo, resultó ser muy costoso y no había perspectivas para su uso en el futuro. En 1921, Vladimmírovich Oleg fue el primer científico en elaborar el primer diseño de LED. En el año 1962 Nick Holonyak, mejoró las características del primer diseño y desarrollo el primer avance que emite luz (roja) visible. La producción industrial y el comercio de estos LEDs genero grandes revoluciones en el diseño de las señalizaciones. Posterior a años siguientes, la mayoría de los científicos trabajaron en el desarrollo de esta tecnología, lo que permitió la creación de materiales nuevos semiconductores que permitieron crear nueva gama de colores como son el verde, amarillo y anaranjado, ofreciendo así un alto rendimiento. Durante 1971, Pankove Jacques realizo un descubrimiento del LED azul de alta intensidad, hasta que Nakamura Shuji, diseñó en 1993 el primer LED que emite luz azul de alta potencia con características superiores y mayor eficiencia esto fue el punto de inflexión que inicio la revolución en la iluminación, poniendo fin a la era de la iluminación tradicional. Su inconveniente de este diseño de led azul es que no se encontraba iluminado, pues era necesario utilizar luz blanca. En el año 1996, lumiLEDs realizo el primer diseño de LED de luz blanca incluyendo una fuente de fosforo al LED de color azul, y así comenzó a comercialización de los LEDs que brindan más de (100) cien lúmenes, con la opción de ofrecer varios tonos de luz muy semejantes al blanco cálido y frío. Así la tecnología LEDs se vienen enfrentando a fuentes habituales de luz (Del Rio, 2017)

2.2.4. Iluminación de exteriores

Es de gran importancia la iluminación exterior porque esta favorece o afecta las diversas actividades que el ser humano viene desarrollando como parte de sus actividades económicas o cotidianas, una adecuada iluminación en espacios publicas serán de gran beneficio para las personas, ofreciendo así un ambiente más amigable y saludable para el

público en general (Kyba, et al., 2017). La iluminación en el espacio exterior de zonas rurales y urbanos vienen presentando ciertas controversias en los últimos años, por la ausencia de iluminación en algunos sectores que tienen la carencia de este beneficio. El informe de la carencia de la iluminación es una pieza clave la cual ofrece una visión general de las localidades y zonas que necesitan una mejora por parte de esta tecnología para así encaminarse al desarrollo económico y urbano, en conjunto con el uso de la energía idónea para sus instalaciones (Ballester, 2016).

2.2.5. El alumbrado exterior y la tecnología LED

Para el alumbrado exterior las LEDs son sustituidas con mucha menor frecuencia, lo que se interpreta como la reducción de costos en mantenimiento. Las farolas LED pueden iluminar las carreteras, vías y espacios exteriores utilizando hasta un 50% menos de energía que las tecnologías anteriores gracias a su mejor reproducción cromática y una mayor uniformidad; por estos motivos, recientemente se han llevado a cabo muchos proyectos de sustitución masiva de farolas en las principales ciudades del mundo. (Hans & Kort, 2012). Una característica crucial de las lámparas LED que a menudo se pasa por alto en el alumbrado público es su capacidad de regulación. Las lámparas LED pueden regularse en todo su rango de salida (0 - 100%) y pueden cambiar entre los niveles de salida casi instantáneamente y sin ningún perjuicio su vida útil. La regulación, prolonga su vida útil permitiendo un control más sofisticado y preciso de las instalaciones de alumbrado vial. (Johansson et al., 2011).

2.2.6. Localización de luminarias.

La distribución de luminarias LED se relaciona con factores como el ancho de la vía (W), la altura de montaje (H), los requisitos lumínicos y el perfil de la vía, así como con la proximidad a redes de alta y media tensión, líneas ferroviarias y mobiliario urbano. La distancia entre postes de alumbrado (S) se determina mediante un estudio fotométrico de iluminación en la calzada, priorizando sobre la ubicación de elementos urbanos en las urbanizaciones.

- Disposición unilateral

En esta distribución, las luminarias se instalan en un solo lado de la calzada. Es crucial seleccionar luminarias que sean las más adecuadas para cumplir con las exigencias fotométricas específicas, considerando la altura de montaje, la distancia entre luminarias y la eficiencia energética para minimizar la potencia eléctrica utilizada.

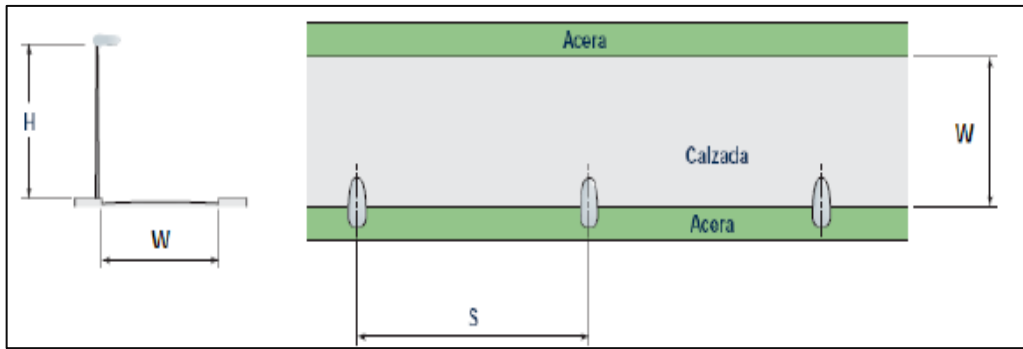


Figura 3. Disposición unilateral.

- **Central doble o centra sencilla**

Es una distribución de luminarias en las vías donde las calzadas cuentan con una circulación opuesta y están separadas por pequeños separadores, la cual no debe ser menor a 1.5 m. de ancho.

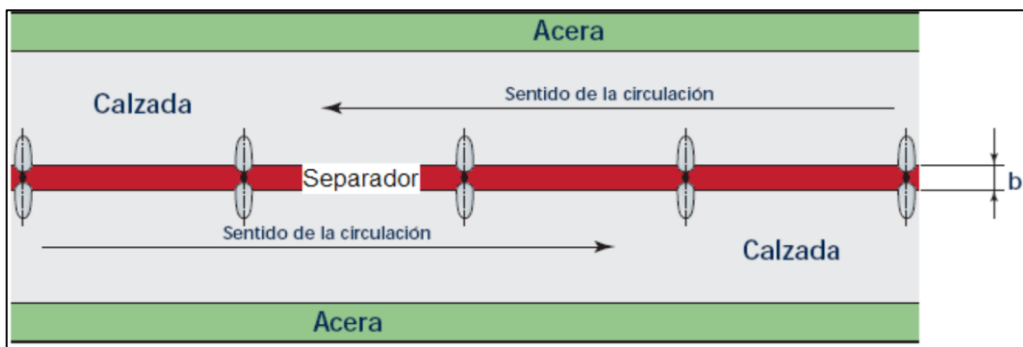


Figura 4. Disposición Central doble (para $1,5 \text{ m} \geq b \leq 4 \text{ m}$)

- **Bilateral alternada**

Es una disposición de luminarias en las calzadas en forma bilateral alternada. Esta disposición comúnmente es usada en las zonas comerciales.

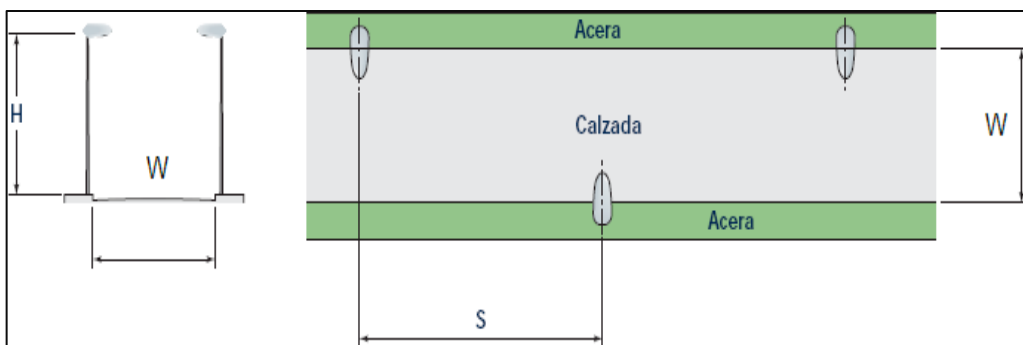


Figura 5. Disposición Bilateral alternada

- **Bilateral opuesta sin separador**

Es una disposición de luminarias que están compuestas por 2 filas, ubicadas una a cada extremo de la calzada y enfrentadas con la ubicada al lado contrario.

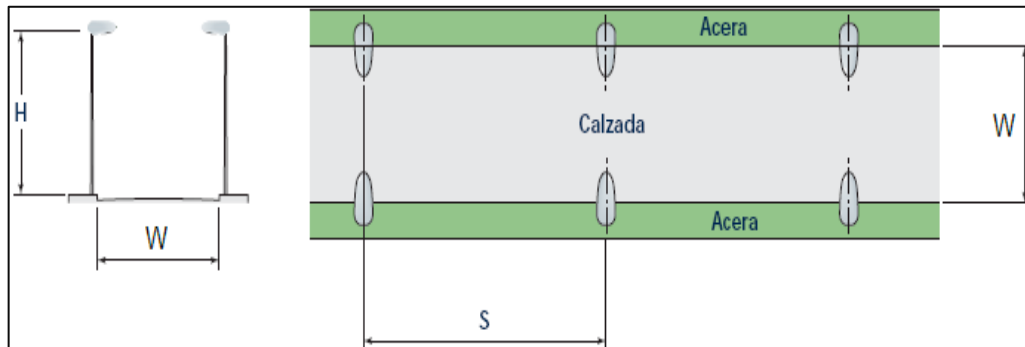


Figura 6. Disposición bilateral opuesta

- **Bilateral opuesta con separador**

La disposición de luminarias en dos filas enfrentadas a cada lado de la calzada es una técnica común para brindar iluminación tanto a peatones como a conductores en una vía principal, logrando una distribución uniforme de la luz que beneficia a ambos grupos.

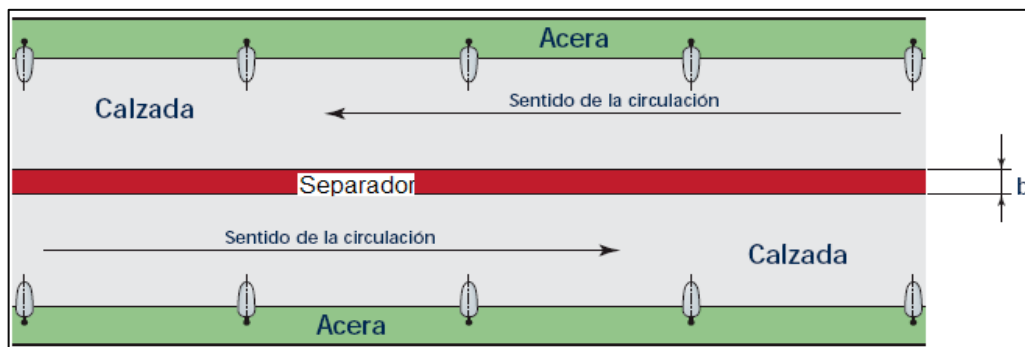


Figura 7. Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b).

- **Otras combinaciones:**

En vías con múltiples calzadas, generalmente de 4 o más, y que cuentan con separadores, se suelen emplear combinaciones de distribuciones de iluminación doble central doble. Esto implica que cada dos calzadas serán iluminadas mediante una disposición central sencilla. Esta estrategia asegura una cobertura uniforme y efectiva de la iluminación en vías complejas, optimizando la visibilidad y seguridad en cada una de las calzadas (RETILAP, 2010).

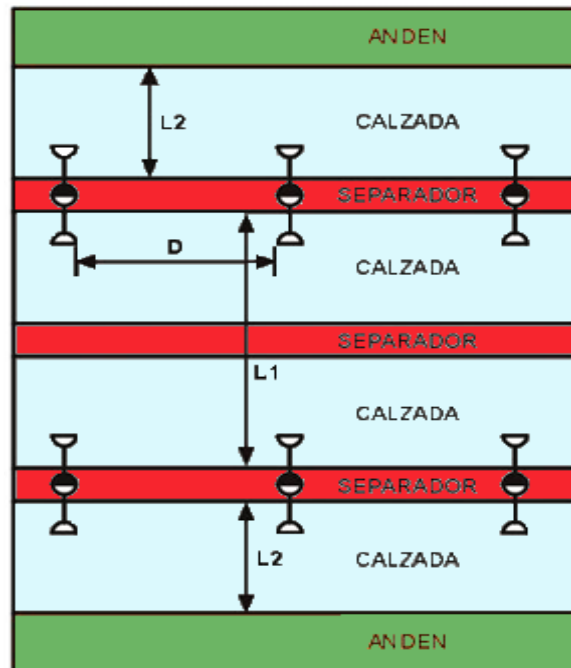


Figura 8. Disposición, doble central doble.

2.2.7. Casos especiales de disposición de luminarias.

Las áreas críticas de las vías, como curvas, cruces ferroviarias, etc. Requieren una iluminación óptima que cumpla con los estándares y especificaciones fotométricas necesarias para la iluminación de las calzadas.

- Disposición en curvas

Se recomienda ubicar las luminarias en el andén exterior del trayecto de la curva, especialmente cuando el radio de curvatura del trazo de la carretera sobre su eje principal es superior a 300 m. En estos casos, se deben emplear luminarias en disposición unilateral o bilateral opuesta. Para curvas con un ángulo que varía entre 30 y 90 grados y un radio menor de 300 metros, la distancia entre las luminarias deberá ajustarse en función de su ubicación: Si las luminarias se instalan en la acera exterior de la curva, la distancia entre ellas se reducirá a 0,70 veces la distancia original (x). Si las luminarias se colocan en la acera interior de la curva, la distancia se reducirá a 0,55 veces la distancia original (x).

Estas modificaciones aseguran una cobertura lumínica adecuada en las curvas, mejorando la visibilidad y la seguridad para los conductores.

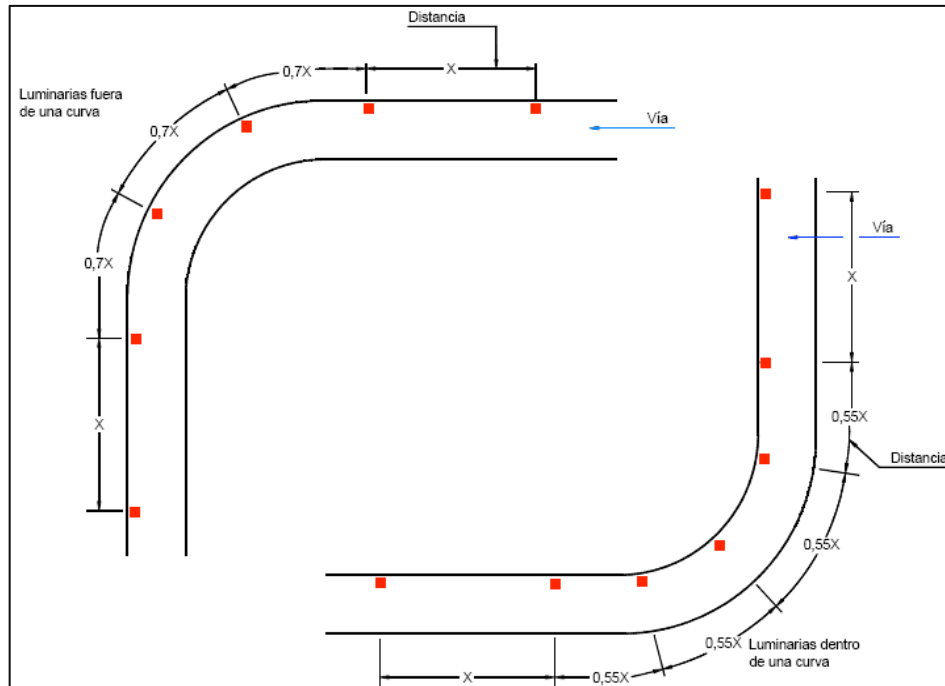


Figura 9. Disposición de luminarias en trayectos curvos.

2.2.8. Tipos de iluminación exterior

A continuación, se describen los tipos de iluminación:

- Iluminación básica

Brinda la percepción horizontal de un plano, esta se diferencia de la luz directa dirigida, de una luz directa difusa. La luz difusa brinda la ausencia de sombras y reflejos, mientras que la dirigida brinda un equilibrio entre la uniformidad y el brillo. (CEI, 2010)

- La iluminación de inundación

Su característica principal es iluminar espacios de gran extensión. Esta se basa en generar haces de luz extensivos los cuales ofrecen gran amplitud y delimitación de áreas. También al estar relacionados con la iluminación vertical, que se aplica para la inundación de paredes y la contribución en la claridad de espacios. Esta iluminación es utilizada en diferentes planos según las labores a realizar. (CEI, 2010)

- La iluminación de tareas

Utilizada mayormente en espacios exteriores, el propósito es de brindar luz a caminos y entradas. Su función principal de esta iluminación es la contribución de las actividades específicas que se vienen desarrollando (Longa et al., 2016).

- La iluminación ambiental

Se enfoca en la iluminación de áreas abiertas del exterior, considera el nivel de brillo para ofrecer mejor visibilidad y evitar deslumbramiento. Mayormente se utilizan

luces de poste y brindar un tránsito con mayor seguridad en los espacios ubicados al aire libre (Longa et al., 2016).

- **La iluminación de proyección**

Esta iluminación destaca los detalles de arquitectura y el objeto, por intermedio de conos de luz de intensidad que sobresalen en medios de carencia de iluminación.

2.2.9. Iluminación LED

Las implementaciones de las iluminaciones LED por sus valores altos en eficiencia que ellos muestran a comparación con las iluminaciones convencionales. Las bombillas convencionales emplean aproximadamente un 20% en brindar luz y el 80% restante lo disipan en calor, mientras que las luminarias LED utilizan un 90% en la producción de luz y solo el 10% para la generación de calor. Se diferencia claramente las ventajas a un largo plazo que el uso de la tecnología LED nos ofrece. además, su vida útil de estas luminarias es 10 veces mayor que las luminarias convencionales. Este beneficio representa un ahorro bastante considerable en mantenimientos, tanto para el empleo de mano de obra o el reemplazo del material (Xiong & Tzempelikos, 2016).

- **Luminarias LED**

Estas nos permiten un mayor control espacial y eficaz del flujo luminoso, mezclado con efectos de colores dinámicos, sus colores nos muestran nuevas posibles soluciones para resaltar la arquitectura artística durante la noche y lograr una mejor visión estética. Las mejoras son de gran importancia para los ciudadanos que frecuentan una área determinada (Boomsma, & Steg, (2014). Las farolas LED brinda una mayor visibilidad en vías, avenidas para así mejorar la circulación del tránsito vehicular, además de reducir la contaminación visual (Gyurov & Panchev, 2019).

- **Ventajas de la Iluminación LED**

El ahorro energético de estas luminarias es su principal característica, como también una gran ventaja de vida útil a comparación de las luminarias convencionales, pues pueden llegar estar entre 20,000 y 50,000 hras. brindando así un aproximado de 6 años de vida útil a comparación de las luminarias halógenas que ofrecen 2, 000 hras. de vida útil. Demostrando así una mayor durabilidad. El LED en gran mayoría es diseñadas con disipadores de calor y así evitar la sobrecarga, estas luminarias emiten rangos bajos de calor. Una de sus características más resaltantes es producir luz brillante y nítida, evitando los parpadeos. Su instalación de esta iluminación proporciona hasta un 80% de ahorro. Estas luminarias no tienen el principio de las bombillas halógenas, son más resistentes a vibraciones y golpes, sin sufrir

daños o rupturas, ya que poseen una protección IP contra agentes como el polvo y agua, también a algunas sustancias químicas a las cuales vienen estando expuestas las luminarias en general, estas luminarias no contienen mercurio y es por eso que estas son amigables con el medio ambiente, su emisión de gases tóxicos es nula y la capacidad para la generación de contaminación lumínica es baja. (Dou, & Ma, 2020).

2.2.10. Programas para diseño de iluminación

Estos programas son especializados y presentan características similares, como el método de punto a punto y de la luz natural. La principal diferencia es la manera en que se viene interactuando con cada uno de los proyectos a realizar y la gama de cálculos que estas ofrecen. El software más avanzado brinda una visión de alto nivel de foto realismo. Existen también variedad de programas de prueba, para evaluación, libres y otros los cuales podemos adquirir (Cuñez, 2015). En la actualidad los softwares gratuitos, vienen siendo de mayor preferencia para el público en general, los cuales buscan ampliar sus conocimientos en temas de diseño de iluminación. A continuación, se detallan la variedad de software las cuales vienen siendo utilizados para el diseño de iluminación:

- **Simcli:** Utilizado para diseño, simulación y la evaluación de los sistemas interiores de iluminación.
- **DIALux:** Se emplea en proyectos profesionales y sencillos, incluye la herramienta de renderizado en 3D y la ejecución es en la plataforma MS Word.
- **Velux Visualizer:** Simulador de la luz natural, utilizado mayormente para el diseño arquitectónico.
- **Calculux:** Herramienta que ofrece el fabricante Phillips para el cálculo de luminarias.
- **Lumenlux:** Utilizados en proyectos de interiores o exteriores, ofrece un amplio y exclusivo catálogo de luminarias.
- **Radiance:** Grupo de programas para realizar el análisis de la visualización de diseño.

- **AGi32:** Se enfoca en la optimización de uso de la energía, realiza un cálculo de la luz necesaria y se basa en la radiosidad.
- **Lumen Designer:** Para realizar el cálculo y renderizado de iluminación y ambientes, con un interfaz de gráficos muy completa.
- **Relux: Professional:** Posee un amplio catálogo con variedad de luminarias, render contextura y animación (Cuñez, 2015).

DIALux, es un programa de acceso libre el cual puede ser utilizado en forma segura y tiene el beneficio un sencillo uso de diferentes herramientas que contiene para el diseño luminotécnico.

2.2.11. Software de iluminación DIALux

DIALux es un software especializado en el diseño y planificación de sistema de iluminación. Facilita la tarea para realizar el diseño de sistema de iluminación exterior e interior. El software está dividido en, DIALux light y DIALux profesional, la aplicación light nos sirve para brindar un asesoramiento de nivel básico en cuanto a los diseños sencillos de iluminación, considerando la simplicidad geométrica de iluminación de las edificaciones. Mientras que la profesional ofrece una mejor determinación de parámetros que define los diseños de los sistemas de iluminación. En general ambas aplicaciones nos dan soluciones cuando se necesita determinar el número de luminarias las cuales son requeridas para la provisión de una luminancia promedio, una mejor opción es la de proponer y realizar la simulación del resultado obtenido, mediante los cálculos manuales ya que en definitiva el propósito de la utilización del software es que esta solucione el problema con una mayor precisión (Immecke, 2021).

La aplicación light está considerada como un asistente más que un software para el diseño, el estudio de los proyectos mayormente se utilizan la aplicación profesional la cual nos ofrece 3 opciones (Hemmerling et al., 2022):

- El inicio de un proyecto nuevo en el cual se tienen las características físicas del área, tales como escalones, vigas, plataformas, columnas, y escaleras, etc. Luego se deberá diseñar el nuevo local o área con las características de un sistema de iluminación, sobre este mismo.

- La creación de un asistente nuevo con DIALux, en la cual se deberá de especificar las principales características geométricas del área o local, además de algunas configuraciones geométricas ya preestablecidas para los tipos de locales.
- La utilización de un plano o la edificación diseñada en AUTOCAD la cual deberá ser introducido en el software DIALux, utilizando este como base se creará el nuevo diseño del local.

Una vez terminado el diseño, realizada las debidas correcciones y obtenidos todos los datos luminotécnicos necesarios del nuevo diseño, la información de estos nuevos aspectos y otros serán debidamente organizadas.

2.2.12. Indicadores que maneja DIALux

Entre los muchos indicadores de iluminación que usa DIALux, las dos más importantes son: Iluminancia media (E_m) y la Uniformidad (U_o), esta última es una variable que mide cuán homogénea es la iluminancia en el área estudiada, para que así no haya zonas con mucha iluminación y otras con poca iluminación.

Ambos indicadores son fundamentales para diseñar sistemas de iluminación que sean eficaces y cómodos. La iluminancia media asegura que se proporciona suficiente luz para las actividades, mientras que la uniformidad garantiza que esta luz esté distribuida de manera uniforme, evitando contrastes molestos y mejorando la calidad general de la iluminación.

2.2.13. Grado de protección IP

El nivel de protección IP (Ingress Protection) es un estándar que se utiliza para clasificar el grado de protección que ofrece un equipo o dispositivo contra la entrada de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua). Estos niveles de protección están definidos por la norma IEC 60529 y se expresan con un código alfanumérico que consta de dos dígitos: El primer dígito indica la protección contra la penetración de objetos sólidos y polvo. Los valores van desde 0 (sin protección) hasta 6 (protección completa contra el polvo) y el segundo dígito indica la protección contra la entrada de agua. Los valores van desde 0 (sin protección) hasta 8 (protección contra permanencia bajo el agua) (COMPARALUX, 2016).

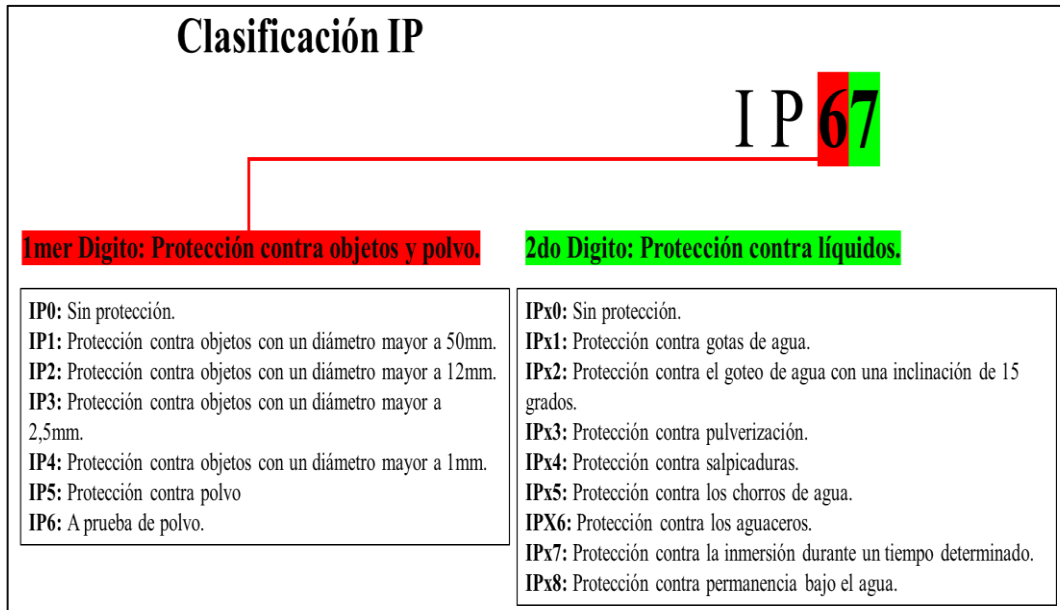


Figura 10. Clasificación IP.

2.2.14. Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución

En Perú, la Dirección General de Electricidad (DGE), que forma parte del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), es la encargada de establecer los estándares técnicos para el alumbrado público. La norma técnica DGE sobre "Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución", actualizada en 2002 y publicada el 14 de enero de 2003 mediante la R.M. N° 013-2003-EM/DM, tiene como objetivo general definir los requisitos de iluminación que deben cumplirse desde el diseño hasta la operación y mantenimiento de las vías públicas. Esta norma es obligatoria para las empresas distribuidoras de energía eléctrica y se aplica a todas las vías públicas, ya sean de tránsito vehicular, peatonal, urbano o rural, conforme al decreto supremo N° 020-97-EM que establece la normativa de calidad para los servicios eléctricos.

- Clasificación de vías públicas en zonas de concesión de distribución

En la tabla a continuación, se detallan la clasificación de los diferentes tipos de vías públicas junto con el tipo de alumbrado que debe implementarse. Los tipos de alumbrado se asignan según la clasificación de la vía, teniendo en cuenta su función y las características del tránsito en esa área. Esta clasificación ayuda a asegurar que el sistema de iluminación se adapte adecuadamente a las necesidades específicas de cada tipo de vía.

Tabla 1. Tipos de alumbrado según su clasificación vial.

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. -No se permite estacionamiento. -Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h. -No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. -No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.
Arterial	II	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	-No se permite estacionamiento. -Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h. -No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal. -Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. -Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. <u>-Circulan vehículos de transporte público.</u>
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales, pero no tienen calzadas auxiliares.
Local Comercial	III	Permite el acceso al comercio local	-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h. -Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público.
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas, pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico	-Tráfico exclusivamente peatonal.

Fuente: Norma Técnica DGE.

Tabla 2. Tipos de superficie y calzada.

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Clara

Fuente: Norma Técnica DGE.

En las siguientes tablas se muestra la clasificación de cada tipo de alumbrado, especificando los valores correspondientes para la iluminación media, el índice de control de deslumbramiento y la uniformidad media. Estos datos proporcionan una visión clara del desempeño de cada sistema de iluminación en relación con estos parámetros fundamentales.

Tabla 3. Rangos de luminancia, iluminancia y índice de control de deslumbramientos.

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m²)	Iluminancia media (Lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 - 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6
IV		2 –	5 – 10	4 - 5
V		1 –	2 –	4 - 5

Fuente: Norma Técnica DGE.

Tabla 4. El tipo de alumbrado y la Uniformidad media de iluminancia.

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 - 0,35
IV, V	0,15

Fuente: Norma Técnica DGE.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se desarrolló en el campus de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, con temperatura promedio anual de 24 °C. (Ver Figura 40)

Tabla 5. Coordenadas UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) del área de investigación.

Lugar de ejecución	Coordenadas geográficas (UTM)		Altitud (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
Universidad Nacional Agraria de la Selva	390489	8970632	665

3.2. Materiales y equipos

- **Materiales:** Plano de ubicación, cuaderno de apuntes.
- **Equipos:** Laptop HP E2NHDN3K, Luxómetro LM – 8010, Cámara Digital
- **Softwares:** DIALux 12.1, AutoCAD, Google Earth Pro, Microsoft Office.

3.3. Métodos

3.3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada. En una investigación aplicada, se busca resolver problemas prácticos y generar conocimientos que puedan ser aplicados directamente en la solución de situaciones reales. (Khotary, 2004). Además, la investigación aplicada permite la colaboración entre investigadores y profesionales del campo de la iluminación.

3.3.2. Enfoque de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, caracterizada por la recolección y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación, probar hipótesis y establecer conclusiones. En el caso de esta investigación, los resultados se presentarán en formato numérico, pues se están considerando parámetros medibles. (Kumar, 2006)

3.3.3. Nivel de investigación

Su nivel de investigación es descriptivo. Debido a que se busca especificar características y propiedades importantes de los fenómenos a analizar.

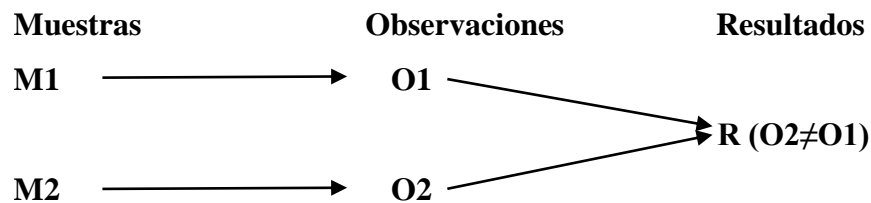
3.3.4. Método de investigación

Como método general se usó el método científico, como sub-método se usó el método hipotético-deductivo y como método específico se usó el método estadístico.

3.3.5. Diseño de investigación

Es de diseño descriptivo-comparativo.

El esquema se presenta a continuación:



Donde:

M1: Sistema de iluminación exterior de la (UNAS) en la actualidad.

M2: Sistema de iluminación exterior de la (UNAS) propuesto.

O1: Deficientes niveles de iluminación.

O2: Niveles de iluminación mejorados.

R: Determinación del porcentaje de mejora.

3.3.6. Población y muestra

La población es conjunto completo de elementos o unidades que son objeto de estudio, está compuesta por todo el sistema de iluminación exterior de la UNAS. La muestra, es una parte representativa y seleccionada de la población que se utiliza para llevar a cabo el estudio. En esta investigación, la muestra es el sistema de iluminación de dos calles pertenecientes al campus de la UNAS, de las luminarias que fueron elegidas por conveniencia, es decir se usó un muestreo por conveniencia. (Creswell, 2018).

Con respecto al tipo de luminaria que se estudió, para la situación actual se tiene un reflector de 103 W, y luminarias de vapor de sodio de 70 W, mientras que para el diseño se usaron luminarias tipo led de 44 W y 19 W.

3.3.7. Variables de la investigación:

- **Variables independientes:**

Variable 1: Nivel de iluminación actual.

Variable 2: Nivel de Iluminación con la tecnología LED.

- **Variable dependiente:**

Mejora del sistema de iluminación exterior de la UNAS.

La Variable 1 representa el nivel de iluminancia actual del sistema de iluminación exterior de la UNAS, es decir, la situación existente antes de cualquier modificación o mejora. La Variable 2 representa el nivel de iluminancia propuesto utilizando tecnología LED, que es el enfoque principal de la propuesta de mejora.

La diferencia entre estas dos variables radica en que la Variable 1 refleja la situación actual, mientras que la Variable 2 muestra la situación deseada después de implementar la propuesta de mejora. Por lo tanto, no son las mismas porque representan dos estados diferentes del sistema de iluminación exterior: el estado actual y el estado propuesto.

La variable dependiente en esta tesis mide la mejora del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Esto implica no solo el cambio de luminarias, sino también la evaluación y diseño de un sistema que garantice una iluminación óptima y eficiente para las necesidades específicas del campus. Se plantea realizar una evaluación del nivel de iluminación del sistema actual de la UNAS para tener una referencia clara de su desempeño antes de la implementación de la propuesta de mejora. Esta evaluación servirá como punto de comparación para medir el impacto de la propuesta de cambio hacia tecnología LED.

- **Indicador de la variable dependiente: Porcentaje de mejora en la iluminación exterior de la (UNAS)**

Este indicador se puede calcular comparando los resultados de la situación actual del sistema de iluminación exterior, con los resultados obtenidos de la situación simulada propuesta con tecnología LED, como resultado del diseño luminotécnico realizado con el software DIALux. El porcentaje de mejora se obtendría mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de mejora} = \left(\frac{EM_{Propuesta} - EM_{actual}}{EM_{actual}} \right) \times 100 \dots\dots \text{ecuación (6)}$$

Donde:

- $EM_{Propuesta}$: Es el nivel de iluminancia media promedio obtenido después de la implementación de la propuesta de mejora con tecnología LED.
- EM_{actual} : Es el nivel de iluminancia media promedio del sistema de iluminación exterior de la UNAS en su estado actual.

Este indicador proporcionará una medida cuantitativa del impacto y la efectividad de la propuesta de mejora en términos de iluminación exterior, lo que ayudará a evaluar el éxito de la implementación de las luminarias LED y a tomar decisiones informadas para futuras mejoras (Kaldewey & Schauz, 2018).

3.3.8. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables independientes y dependientes, se realizan de la siguiente manera, teniendo en cuenta los indicadores y dimensiones para cada una de ellas.

Tabla 6. Operacionalización de variables independientes y dependiente.

Tipo de variables	Nombre de variable	Indicadores	Dimensiones
Independientes	Variable 1: Nivel de iluminación actual.	Iluminancia Media (EM_{actual})	Lux $\frac{lm}{m^2}$
	Variable 2: Nivel de Iluminación con la tecnología LED.	Iluminancia Media ($EM_{Propuesta}$)	Lux $\frac{lm}{m^2}$
Dependiente	Mejora del sistema de iluminación exterior de la UNAS.	$\left(\frac{EM_{Propuesta} - EM_{actual}}{EM_{actual}}\right) \times 100$	%

3.3.9. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener los datos de las luminarias y de la geometría del sistema eléctrico actual se usó la técnica de la observación y el análisis documental, el instrumento fue el plano eléctrico actual de la iluminación exterior (Figura 41). Para obtener los datos de la iluminancia media actual, se usó la técnica de la simulación con el Software DIALux sobre el

sistema de iluminación exterior, con los datos recopilados, el instrumento fue la hoja de reportes que proporciona el mencionado Software. Y la técnica para obtener los datos de la iluminancia media del sistema propuesto fue la simulación a través del Software DIALux, el instrumento fue la hoja de reportes que proporciona el mencionado Software.

3.3.10. Métodos de análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante técnicas de estadística descriptiva. Este enfoque nos permitió organizar, resumir y presentar la información de manera clara, facilitando la interpretación y comprensión de los resultados en función de los objetivos de la investigación.

3.3.11. Procedimiento

Para nuestro estudio se seleccionaron dos calles estratégicas para mejorar la iluminación: La primera calle que se estudio fue la calle N°3 la cual da a la puerta de ingreso N°1, la segunda calle que se estudio fue la calle N°2 la cual es paralela al pabellón de la Facultad de Ingeniería en Informática y sistemas (FIIS).

- En primer lugar, se evaluó la condición de las luminarias existentes del sistema de iluminación exterior de la ciudad universitaria.
- Una vez conseguida la condición de las luminarias, se procedió a realizar una simulación del sistema actual usando luminarias de vapor de sodio por medio del software DIALUX verificando un nivel deficiente de iluminancia media.
- Posteriormente, se diseñó y se simuló la propuesta de iluminación con tecnología LED, determinando un nivel adecuado de iluminación.
- Con los datos obtenidos, se procedió a evaluarlos para determinar las conclusiones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando el Software DIALux.

4.1.1. Presentación de datos de estado actual

Para nuestro estudio se tomó dos calles de la Universidad Nacional Agraria De La Selva; la calle N°2 y la calle N°3.

La calle N°3 inicia en la puerta de ingreso N°1 y termina en el pabellón de la facultad de sistemas; así como se observa en la Figura 11.

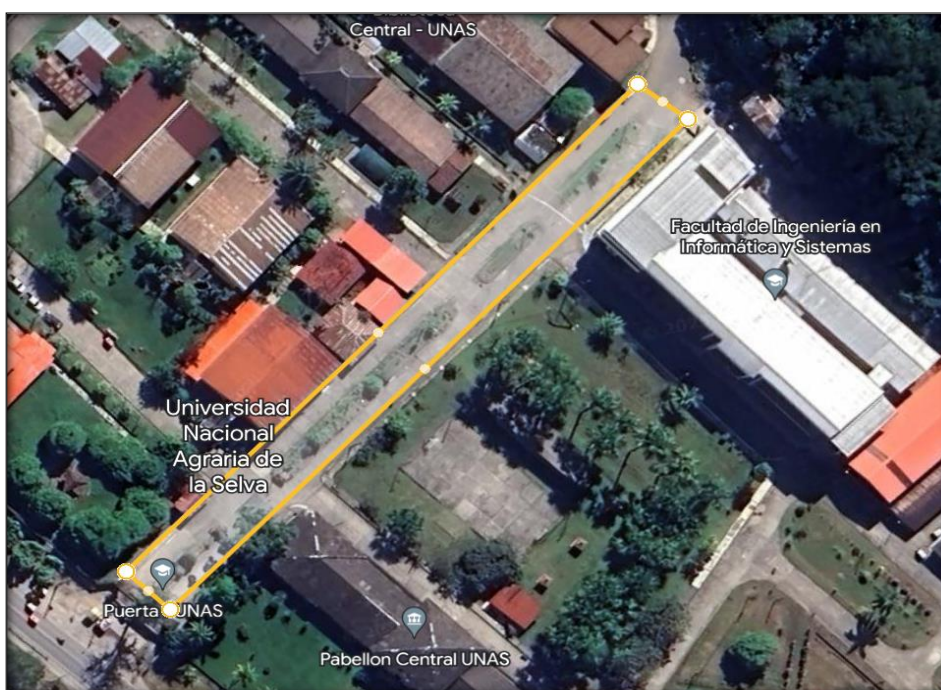


Figura 11. Calle N°3

La calle N°3 cuenta con 6 puntos de iluminación instalados en postes de 9 metros de alto, separados por 30 metros con una disposición tipo doble central y cada poste cuenta con una luminaria de vapor de sodio de 70W, todos inoperativos, la alimentación de energía de las luminarias viene de la subestación N°2 a 230V. Medidas de la calle N° 3:

- **Longitud de la calle:** $L = 170$ m.
- **Ancho de calzada:** $w = 5$ m.
- **Ancho de área verde:** $b = 4$ m.

- **Ancho total de la calle:** $c = 14 \text{ m}$.
- **Área total:** $A_T = 2380 \text{ m}^2$

La calle N°2 está en paralelo al pabellón de la facultad de sistemas, inicia en la calle N°3 y termina en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica (FIME); así como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Calle N°2

La calle N°2 cuenta con 6 puntos de iluminación instalados en postes de 9 metros de alto, ubicados 3 a la izquierda y 3 a la derecha, separados por 20 metros en promedio con una disposición tipo unilateral y cada poste cuenta con una luminaria de vapor de sodio de 70W, de los cuales solo uno de ellos está operativo, la alimentación de energía de las luminarias viene de la subestación N°2 a 230V. Medidas de la calle N°2:

- **Longitud de la vía:** $L = 125 \text{ m}$.
- **Ancho de la calzada:** $w = 6.5 \text{ m}$.
- **Área total:** $AT = 812.5 \text{ m}^2$

Se consideró a la calle N°3 como una vía comercial con un tipo de alumbrado III y a la calle N°2 como un tipo de vía residencial I con tipo de alumbrado IV conforme a la normativa DGE como se observa en la siguiente Tabla.

Tabla 7. Datos de vías analizadas

Nombre de la vía	Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Tipo de superficie	Tipo de calzada
Calle N° 3	Local Comercial	III	Esfalto	Oscura
Calle N° 2	Residencial I	IV	Esfalto	Oscura

Fuente: elaboración propia.

Para evaluar la situación actual de la calle N°3 y la calle N°2, se utilizó el software DIALux para realizar una simulación, considerando el tipo de vía. Tras establecer el estado de las luminarias existentes, se llevó a cabo una simulación del sistema utilizando luminarias LED en el mismo software. Con los resultados de la simulación, se procedió a analizar el informe generado por DIALux para proponer un diseño que mejore el sistema de iluminación exterior.

4.1.2. Resultados de nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, utilizando el Software DIALux.

En la calle N°3 existen 6 postes de 9 m, las luminarias en estos postes se encuentran inoperativos, pero cuenta con un reflector en el poste N° 6 instalado a 6 m, con un ángulo de 90° dirigido a la puerta N°1, las características de este reflector se observan en la **Figura 13.**

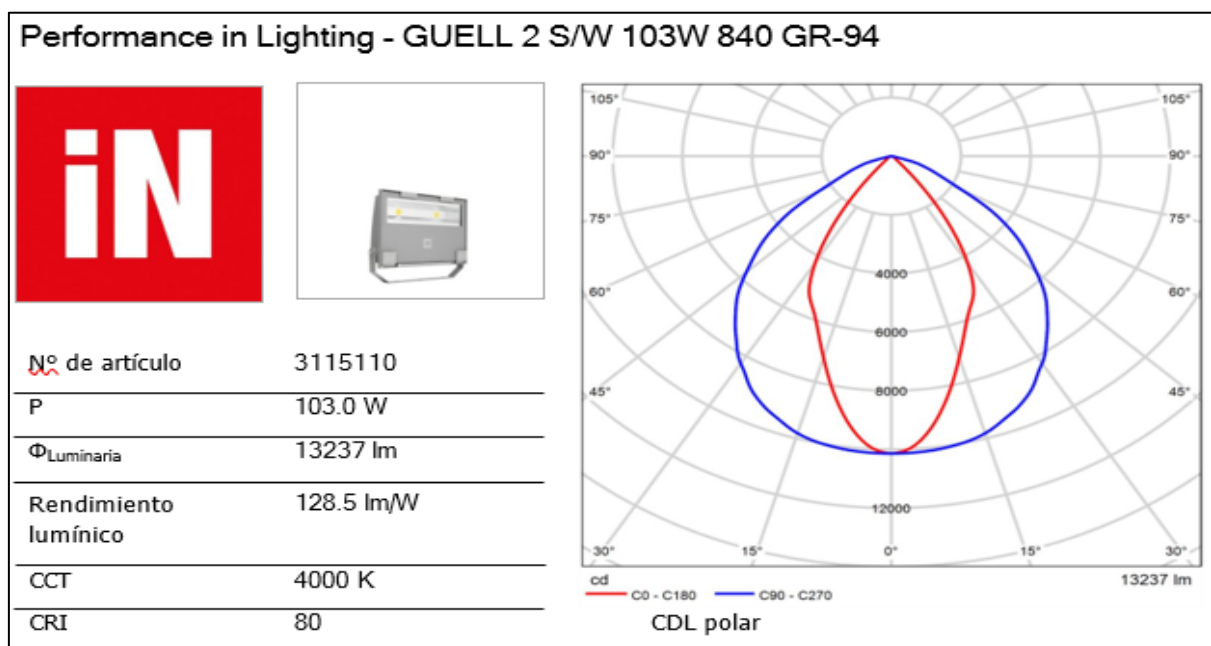


Figura 13. Especificación técnica del reflector Guell 2 S/W 103W.

En la calle N° 2, se han instalado 6 postes de 9 metros de altura para el sistema de iluminación. Sin embargo, en la actualidad, solamente la luminaria ubicada en el segundo poste está en funcionamiento. Esta luminaria está equipada con una lámpara de descarga, específicamente de vapor de sodio. Las especificaciones técnicas y características detalladas de esta luminaria se pueden observar en la Figura 14.

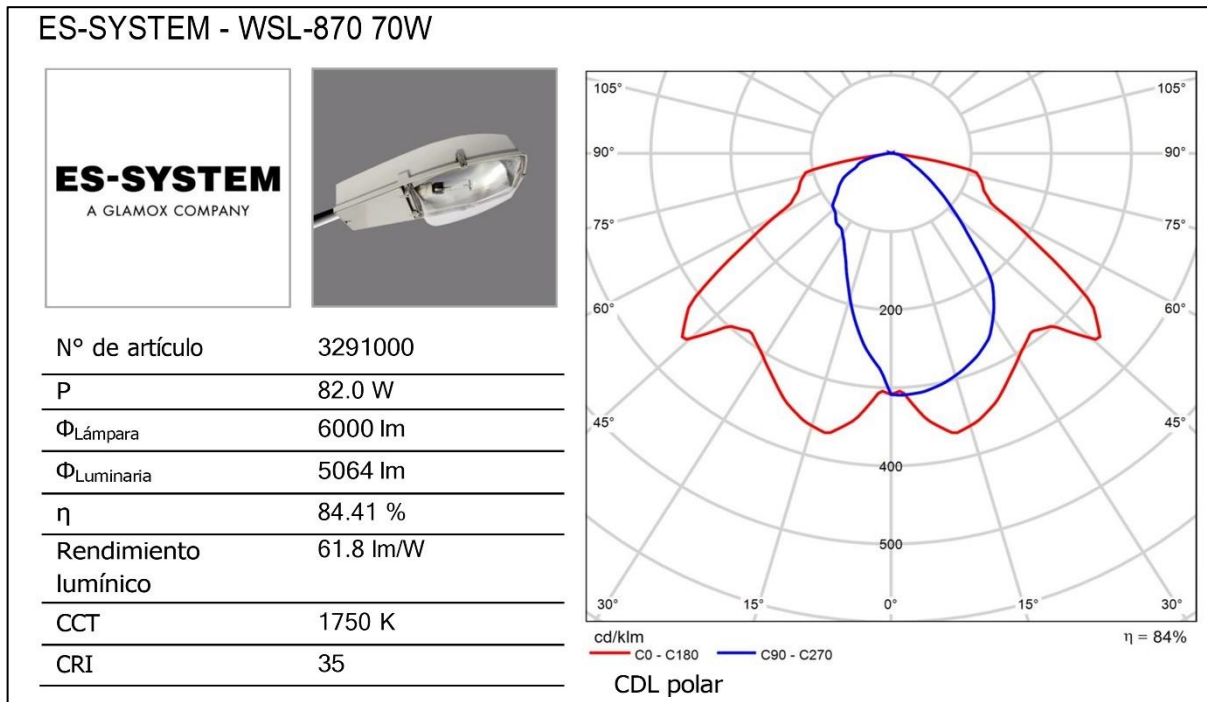


Figura 14. Especificación técnica de la luminaria WSL - 870 70W.

El diseño de la calle N°3 y calle N°2 se realizó mediante la importación de plano eléctrico actual de la iluminación exterior (Figura 41) a DIALux, el cual sirvió como base para el diseño del entorno de las calles a estudiar. Para la simulación se dibujaron los objetos de cálculo, a los cuales el programa le da los nombres de WP1 y WP2, el objeto de cálculo WP1 corresponde a la calle N°3 y el objeto de cálculo WP2 corresponde a la calle N°2, como se observa en la **Figura 15**. Estos objetos de cálculo sirven para hallar la iluminancia media (E_m) y la Uniformidad (U_o), esta última es una variable que mide cuán homogénea es la iluminancia, para que así no haya zonas con mucha iluminación y otras con poca iluminación. Finalmente, cabe indicar que estos objetos de cálculo abarcan el área donde se quiere estudiar la iluminación.

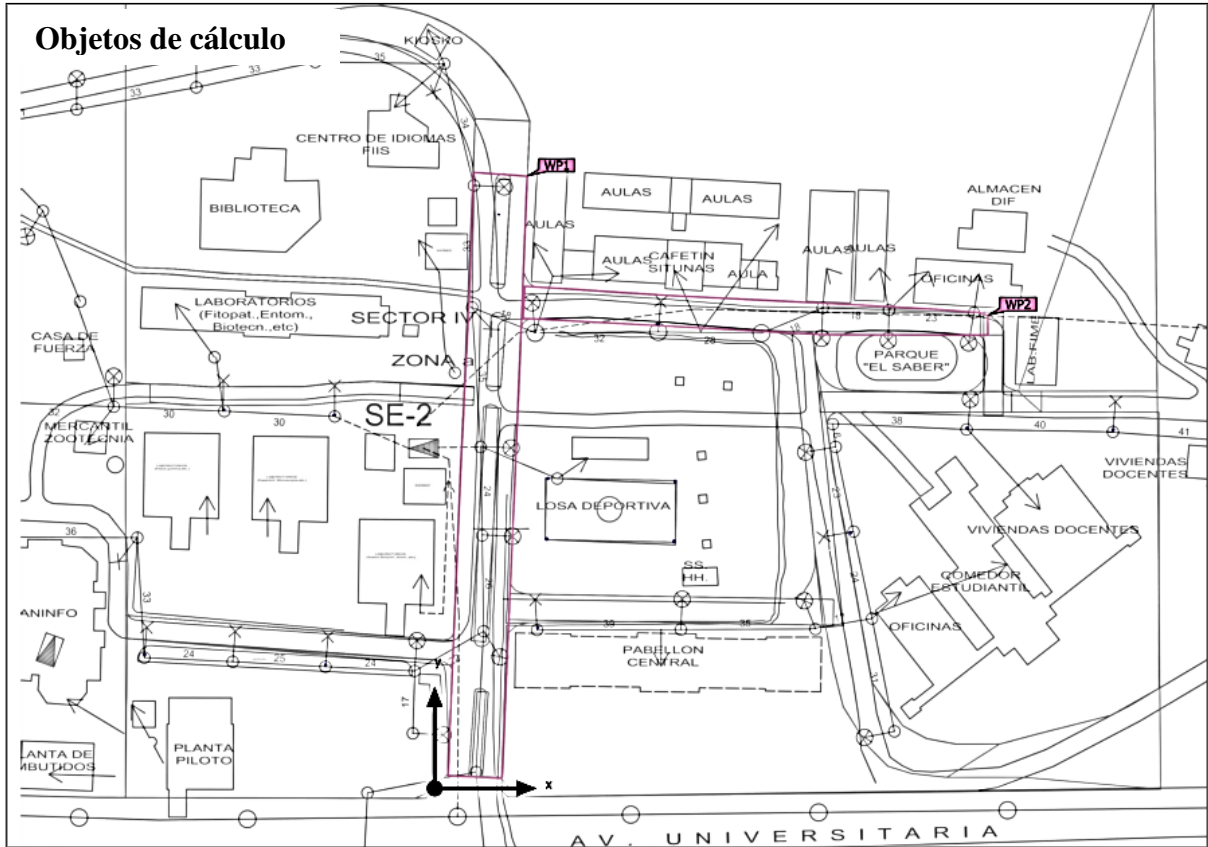


Figura 15. Objetos de cálculo.

Según el tipo de vía seleccionado para la calle N° 3 y la calle N° 2, los valores de iluminación que deben cumplirse son los siguientes: para la calle N° 3, la iluminancia debe estar entre 10 y 20 lux y la uniformidad debe ser al menos 0.25; para la calle N° 2, la iluminancia debe estar entre 5 y 10 lux y la uniformidad debe ser al menos 0.15. Tras establecer estos parámetros, se realizó la simulación y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resultados de la iluminación de la situación actual.

Nombre de la vía	E_m	E_{min}	E_{max}	U_0	Índice
Calle N° 3	1.75 lux	0.027 lux	17.9 lux	0.015	WP1
Calle N° 2	1.65 lux	0.036 lux	21.3 lux	0.022	WP2

Se puede observar que los valores de iluminación media (E_m) no está situada dentro de los valores recomendados por la normativa DGE. Además, el factor de uniformidad no cumple con los requisitos estipulados por la normativa correspondiente, lo que sugiere que la distribución del nivel de iluminación en las calles es ineficiente.

La Figura siguiente ilustra el aspecto de las luminarias en el lugar tras realizar la simulación, proporcionando una visión visual del estado actual de la iluminación.

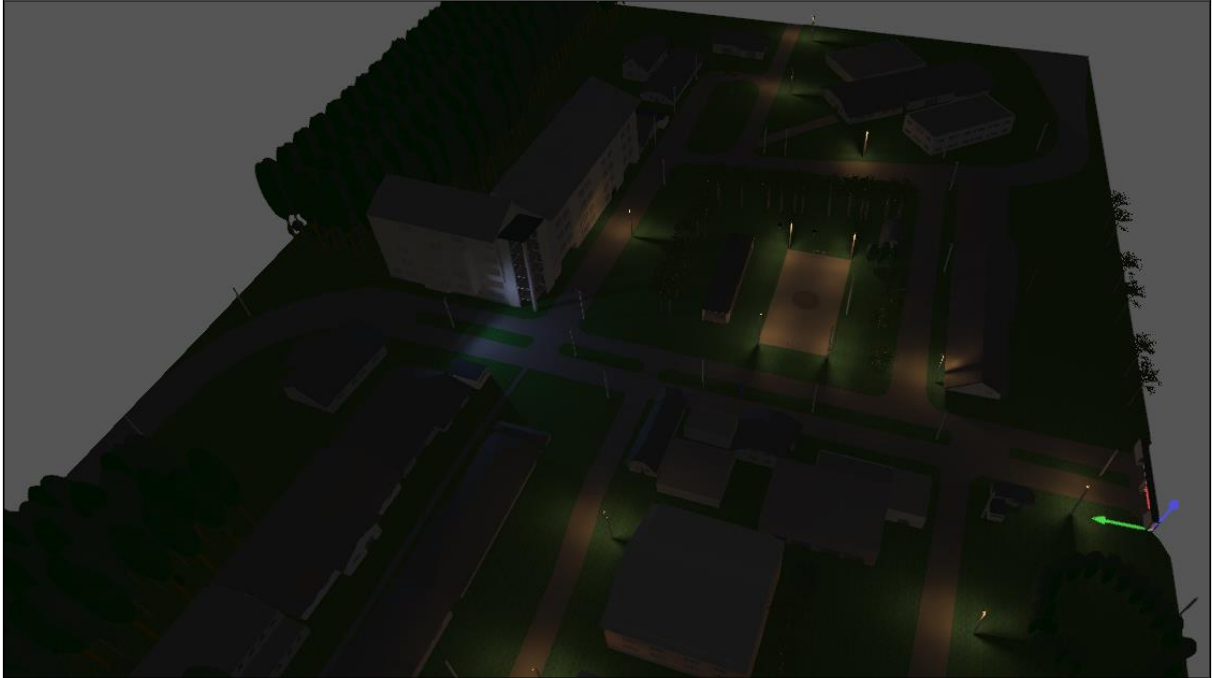


Figura 16. Simulación en DIALux de la Situación actual – vista 3D

En la **Figura 16** se presentan luminarias correspondientes a zonas que no han sido objeto de estudio en la presente investigación. La inclusión de estas luminarias tiene un propósito meramente referencial, facilitando así la identificación y el reconocimiento de las áreas específicas que están siendo analizadas en el estudio. Este enfoque permite una mejor comprensión del contexto general y de las zonas seleccionadas para el análisis detallado.

Como Como objetivo específico, se consideró realizar una evaluación del nivel de iluminación media del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Para ello, se estudió la teoría de iluminancia según Harper (2003), quien señaló que la iluminancia o iluminación es la cantidad de luz que incide sobre una unidad de superficie. Se representa con la letra E y se mide en lux. Los resultados de nuestra investigación mostraron valores de iluminancia media de $E_m = 1.75$ lux y $E_m = 1.65$ lux para las calles N° 3 y N° 2, respectivamente, los cuales no cumplen con la normativa vigente. Esto se puede contrastar con los resultados de la muestra 1 de Medina (2022), quien, al realizar la medición del nivel de iluminación, encontró que los parámetros que garantizan la calidad de la iluminación pública no cumplen con la normativa nacional. La coincidencia de estos resultados con los de nuestra investigación demuestra que ambos estudios utilizan la misma normativa

para evaluar las condiciones actuales del alumbrado público. También es relevante citar el estudio de Sutopo et al. (2020), quienes evaluaron el sistema de iluminación y encontraron que no cumplía con el estándar actual, mostrando un área sin iluminación del 64.7%. La diferencia en los resultados se debe a que el estudio mencionado reporta el porcentaje de superficie iluminada, mientras que nuestra investigación presenta los resultados en unidades de lux.

4.2. Diseño luminotécnico por medio del software DIALux con la tecnología LED como una propuesta para mejorar la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Para realizar la propuesta de iluminación se desarrolló dos tipos de simulación. DIALux al ser un software de iluminación posee una opción de diseño de iluminación para carreteras, calles, avenidas, etc., la cual es “automática”, sólo se le indican las dimensiones de la calle a iluminar y el tipo (por ejemplo, si tiene una sola calzada o dos) y generará un diseño que cumplirá con los valores requeridos. Por otro lado, en DIALux también se puede hacer una simulación “manual” en la cual se tienen que generar las estructuras 3D mediante el dibujo, para lo cual se suele importar un plano desde AutoCAD para que sirva como plantilla de dibujo.

4.2.1. Simulación automática en DIALux

En esta sección, se describe el procedimiento para realizar una simulación automática utilizando el software DIALux. A diferencia de la simulación manual, la simulación automática optimiza el proceso de análisis de la iluminación mediante la aplicación de algoritmos y configuraciones predeterminadas que permiten una evaluación más rápida y eficiente de la distribución de la luz.

- Simulación automática para la calle N°3

Se seleccionó la opción “iluminación de carreteras”, como se observa en la **Figura 17**. Posteriormente se configura el entorno de la carretera, incluyendo el tipo de superficie, la inclinación y cualquier elemento arquitectónico que pueda influir en la distribución de la luz.

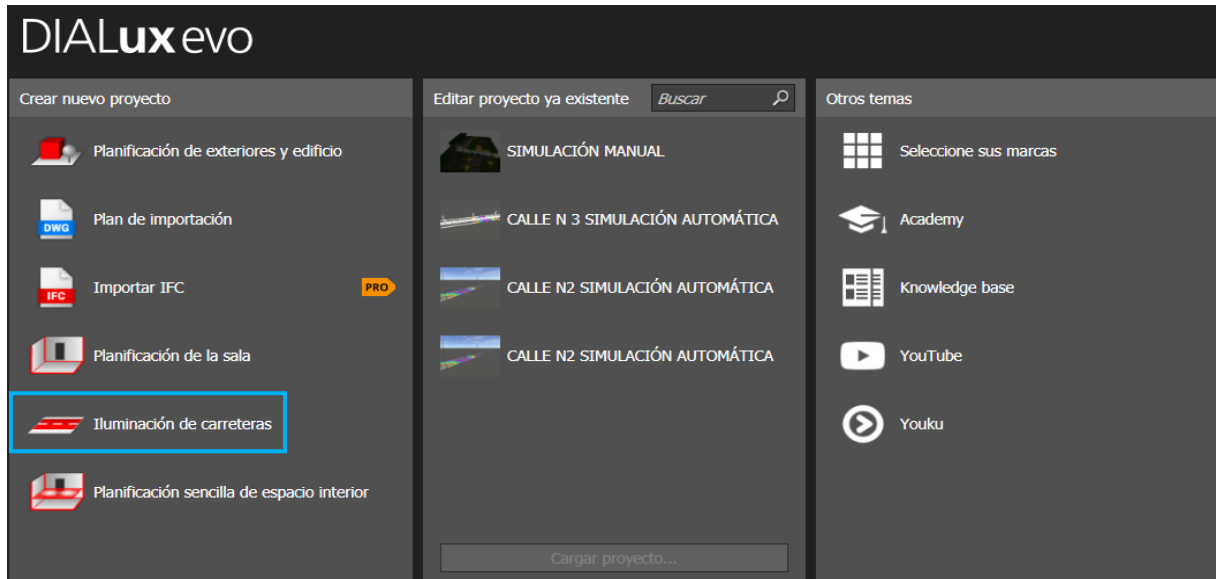


Figura 17. Selección de opción de simulación.

Se diseñó el perfil de la vía pública (calle N°3): dos calzadas, área verde central y postes al centro distanciadas cada 30m con 2 luminarias por poste (diseño similar a la actualidad de la calle N°3), así como se observa en la Figura 18.

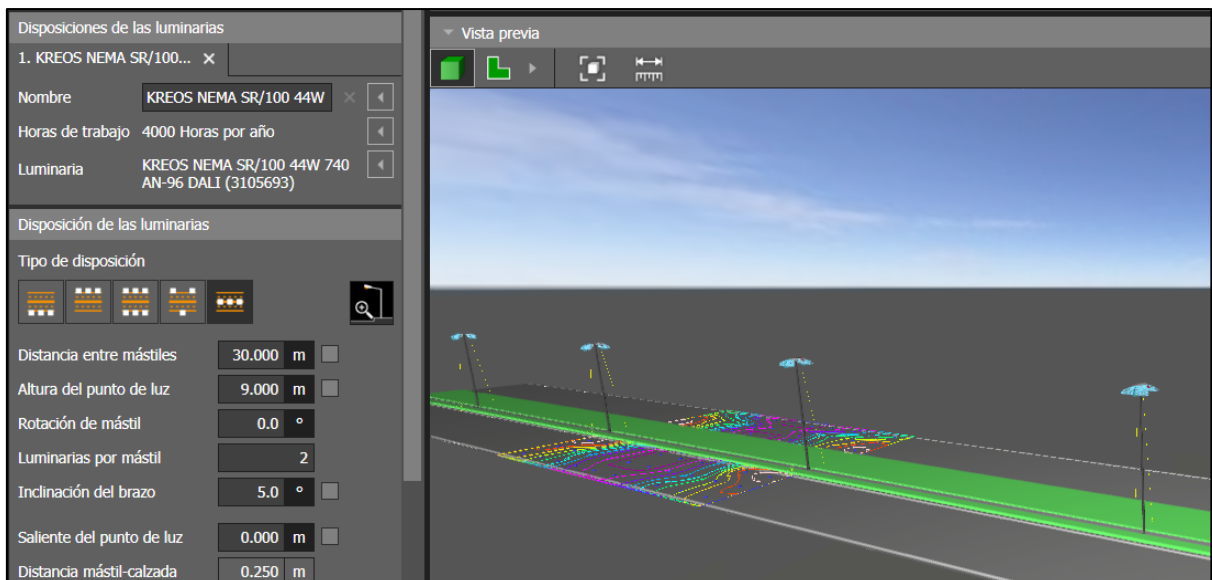


Figura 18. Diseño de la Calle N°3 en DIALux.

La luminaria que se selecciono fue una luminaria para instalación encima de mástil, tecnología LED de 44 W con eficiencia lumínica de 143.8 lm/W, así como se observa en la Figura 19.

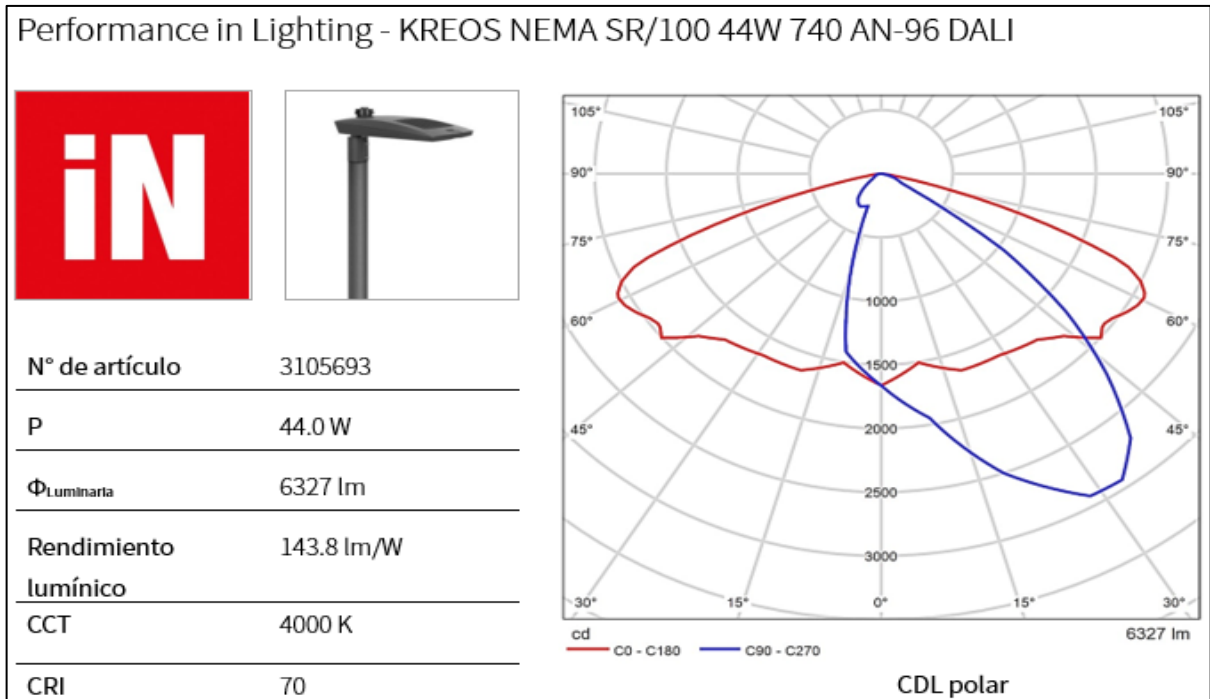


Figura 19. Especificación técnica de la luminaria KREOS NEMA 44W.

Las características de instalación de los postes y luminarias se pueden observar en la Figura 20.

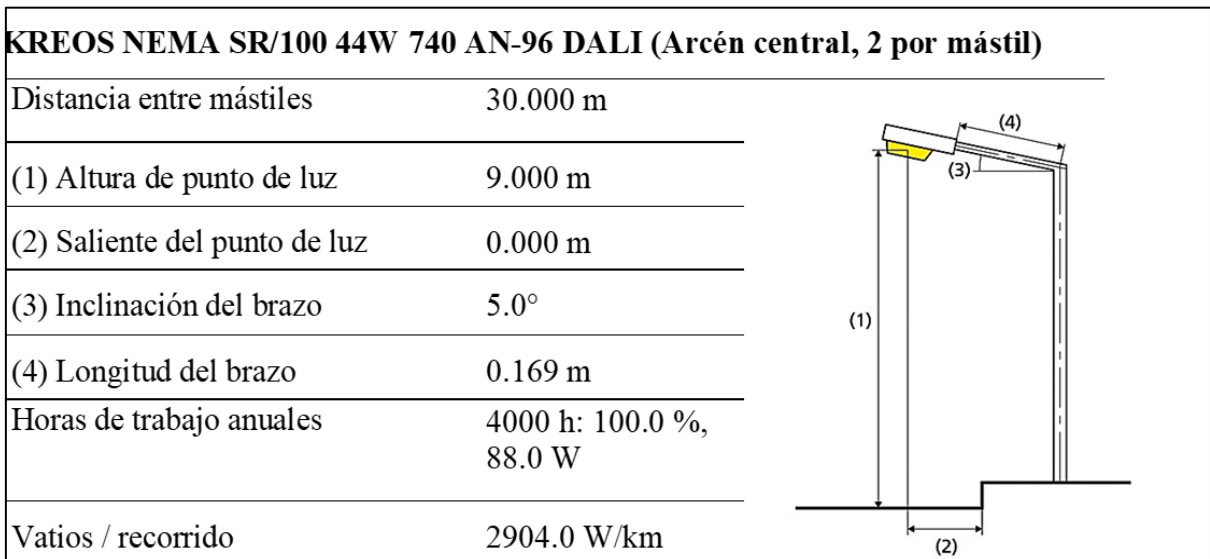


Figura 20. Resumen de instalación de las luminarias.

Según el tipo de vía para la calle N° 3, los valores de iluminancia que se deben cumplir son: $10 \text{ lux} \leq E_m \leq 20 \text{ lux}$ y uniformidad $U_0 \geq 0.25$. Tras establecer estos valores, se procedió a realizar la simulación y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9. Resultados lumínicos de la calle N°3.

Nombre de la vía		E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle N°3	Calzada 2	13.41 lux	9.07 lux	18.4 lux	0.68
	Calzada 1	13.75 lux	8.56 lux	18.8 lux	0.62
		13.58 lux			0.65

El valor obtenido para la calle N°3 es una iluminancia media (E_m) de 13.58 lux con una uniformidad (U_o) de 0.65. Este valor supera el mínimo requerido de 10 lux establecido por la normativa DGE para una vía local comercial con calzada oscura. Según la normativa, la iluminancia media en estas vías debe estar en el rango de 10 a 20 lux. Por lo tanto, el valor de 13.58 lux está dentro del rango recomendado, cumpliendo con los requisitos para una iluminación adecuada.

Durante la simulación automática, el software ajusta los parámetros de iluminación, como la intensidad y la distribución de las fuentes de luz, para generar un modelo detallado de iluminancia. Esta técnica produce mapas de iluminancia (o "mapas isolux") que representan la distribución de los niveles de luz en el espacio en términos de lux, facilitando la identificación de áreas con niveles adecuados o inadecuados de iluminación, como se observa en las Figuras 21 y 22.

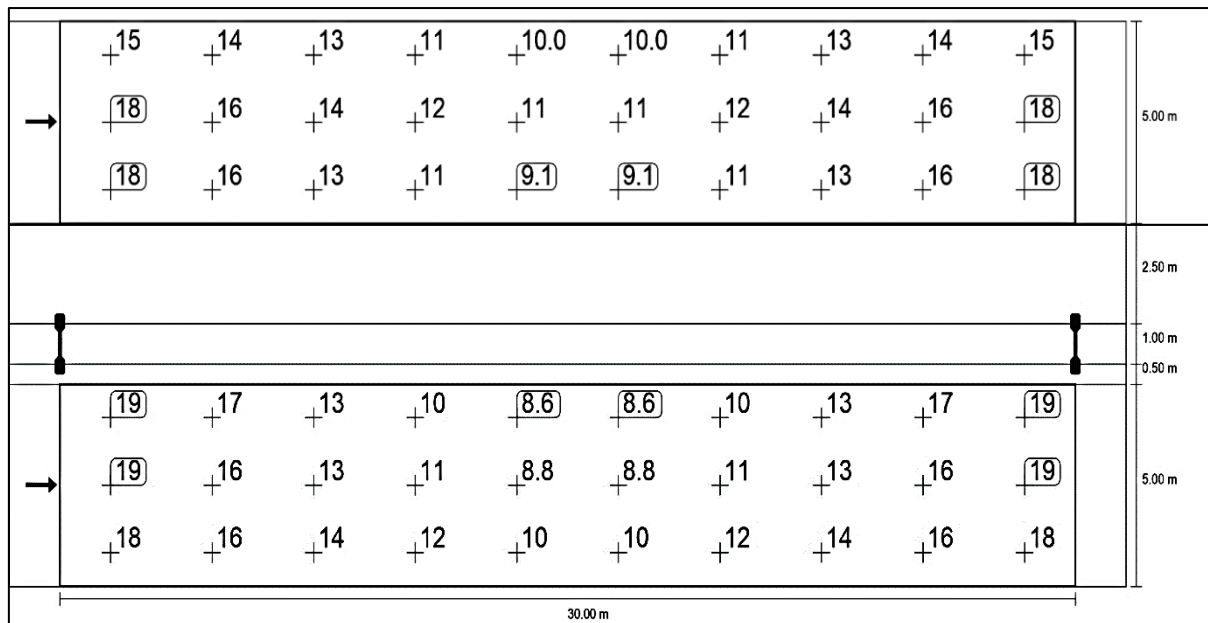


Figura 21. Gráfico de valores iluminancia de la calle N°3.

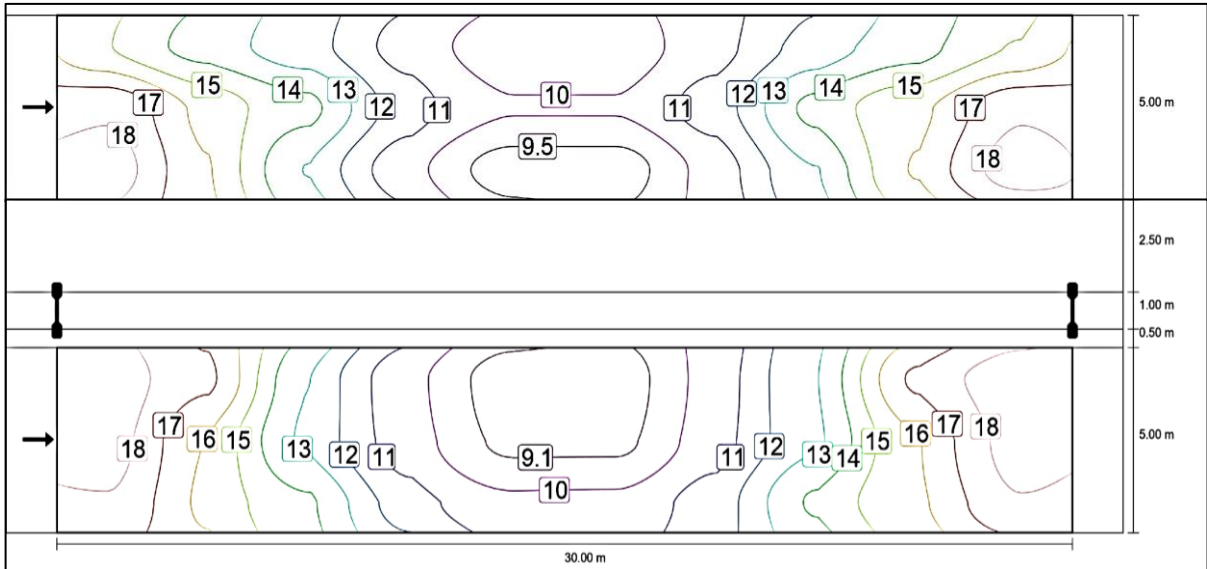


Figura 22. Diagrama de mapa isolux de la calle N°3.

- **Simulación automática para la calle N°2.**

La simulación de la calle N°2 tiene un diseño más simple, así como se observa en la Figura 23.

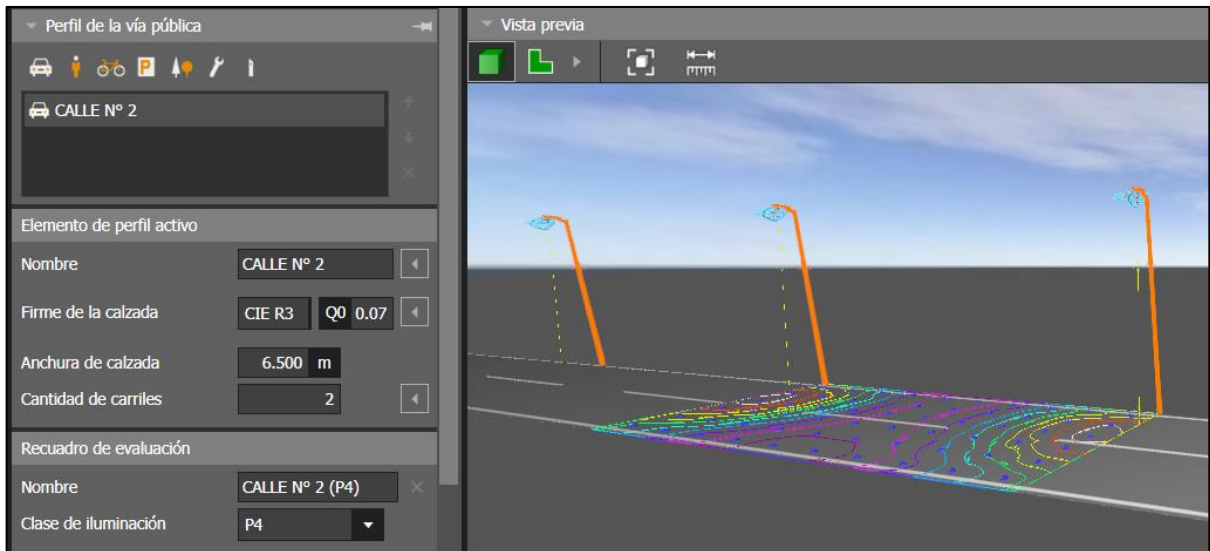


Figura 23. Diseño de la calle N°2 en DIALux

La luminaria seleccionada para este diseño es un modelo destinado a la instalación en la parte superior de un mástil. Esta luminaria utiliza tecnología LED con una potencia de 19W y una eficiencia lumínica de 137.9 lúmenes por vatio (lm/W). Las características específicas de esta luminaria están detalladas en la Figura 24.

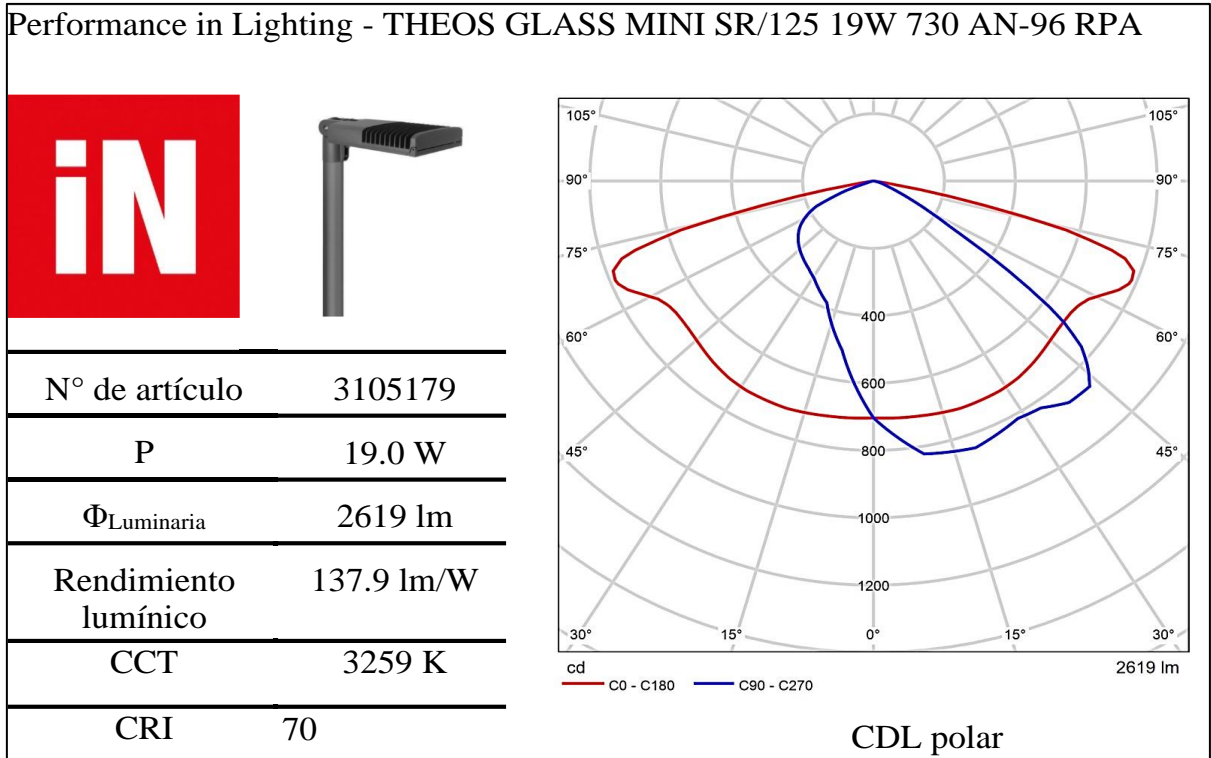


Figura 24. Especificación técnica de la luminaria THEOS GLASS MINI 19W.

Las características de instalación de postes y luminarias se pueden observar en la Figura 25.

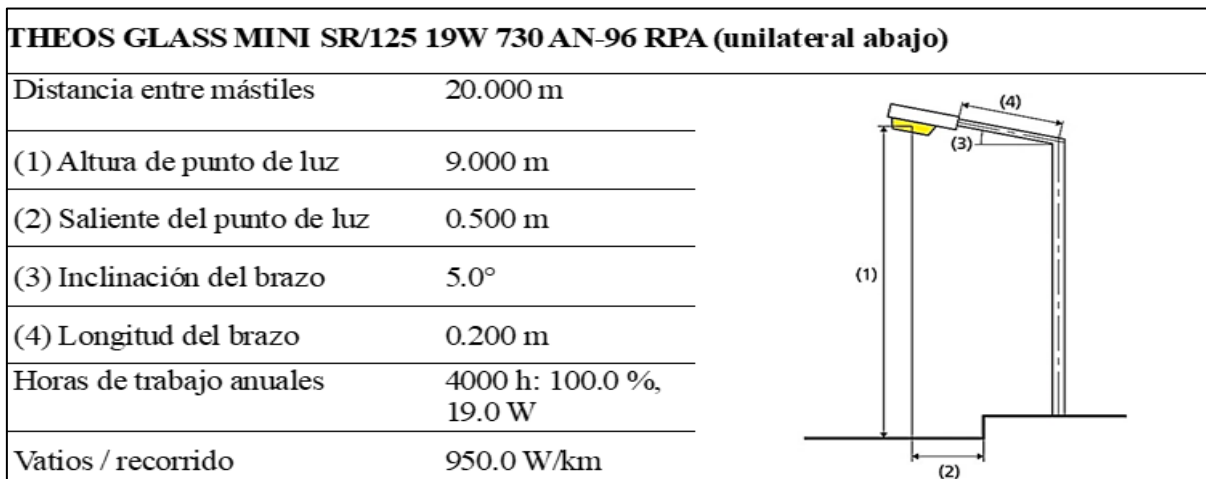


Figura 25. Resumen de instalación de las luminarias.

Para la calle N° 2, de acuerdo con el tipo de vía seleccionado, se deben cumplir los siguientes criterios de iluminación: la iluminancia debe estar en el rango de 5 a 10 lux y la uniformidad debe ser igual o mayor a 0.15. Una vez establecidos estos valores, se llevó

a cabo una simulación automática para evaluar si estos requisitos se cumplen. Los resultados obtenidos de esta simulación se presentan detalladamente en la siguiente tabla.

Tabla 10. Resultados lumínicos de la calle N°2.

Nombre de la vía	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle N°2	5.78 lux	3.83 lux	8.35 lux	0.66

El valor de iluminancia media (5.78 lux) y la uniformidad (0.66) obtenidos son adecuados y cumplen con los criterios establecidos por la normativa DGE para una vía local residencial I con calzada oscura. Esto significa que la iluminación es adecuada en términos de cantidad y distribución según las especificaciones normativas.

Los resultados obtenidos mediante la simulación automática se presentan a continuación con una interpretación de los mapas de iluminancia generados. Así como se observa en la Figura 26 y Figura 27.

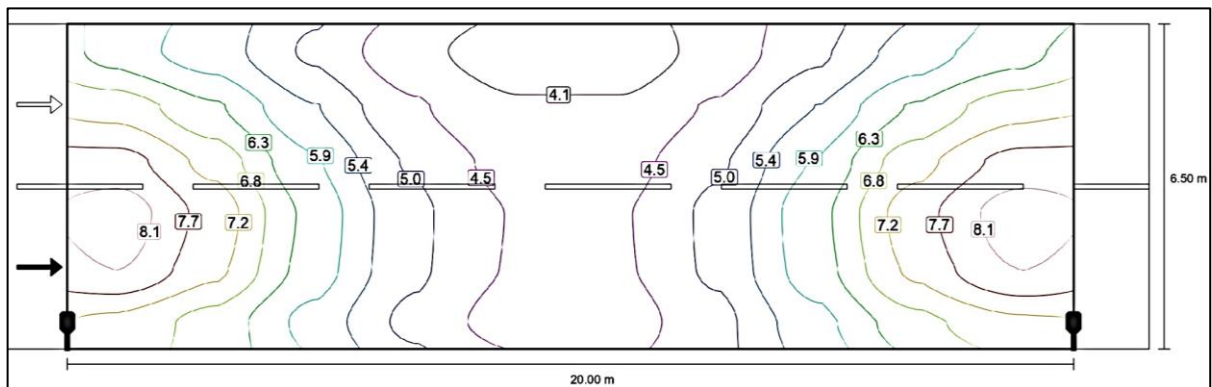


Figura 26. Diagrama de mapa isolux de la calle N°2.

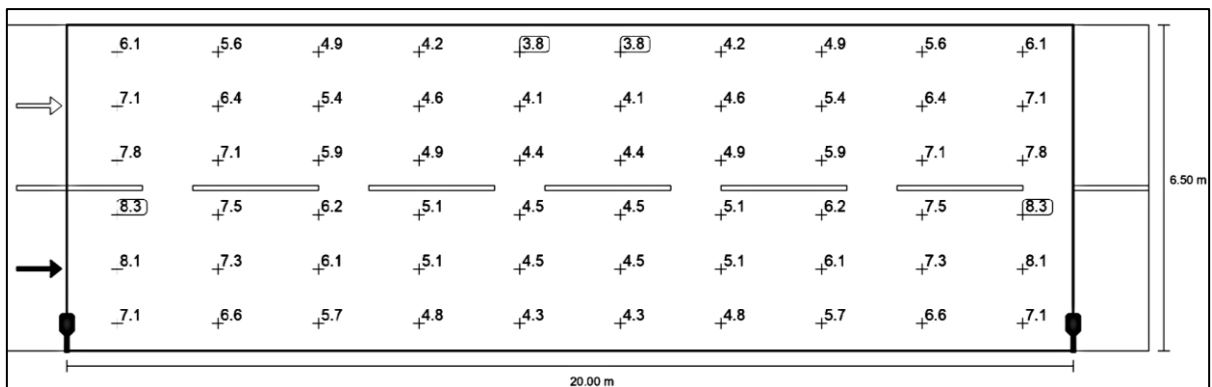


Figura 27. Gráfico de valores de iluminancia de la calle N°2.

Los resultados, presentados en forma de mapas isolux, facilitan la evaluación rápida de la eficacia del diseño de iluminación y permiten realizar ajustes necesarios para optimizar el nivel de iluminancia en el espacio.

4.2.2. Simulación manual en DIALux

En esta sección se describe el proceso de simulación manual utilizando el software DIALux. Este procedimiento permite realizar un análisis detallado de la iluminación mediante la configuración manual de parámetros específicos, lo cual es fundamental para obtener resultados precisos y ajustados a las necesidades del estudio. A continuación, se explican los pasos seguidos y las configuraciones aplicadas durante la simulación.

La simulación se realizó mediante la opción de importación de plano eléctrico actual de la iluminación exterior (Figura 41), el cual se usó como una plantilla para diseñar el entorno de la calle N°3 y la calle N°2 de la UNAS, así como se observa en la **Figura 28**.

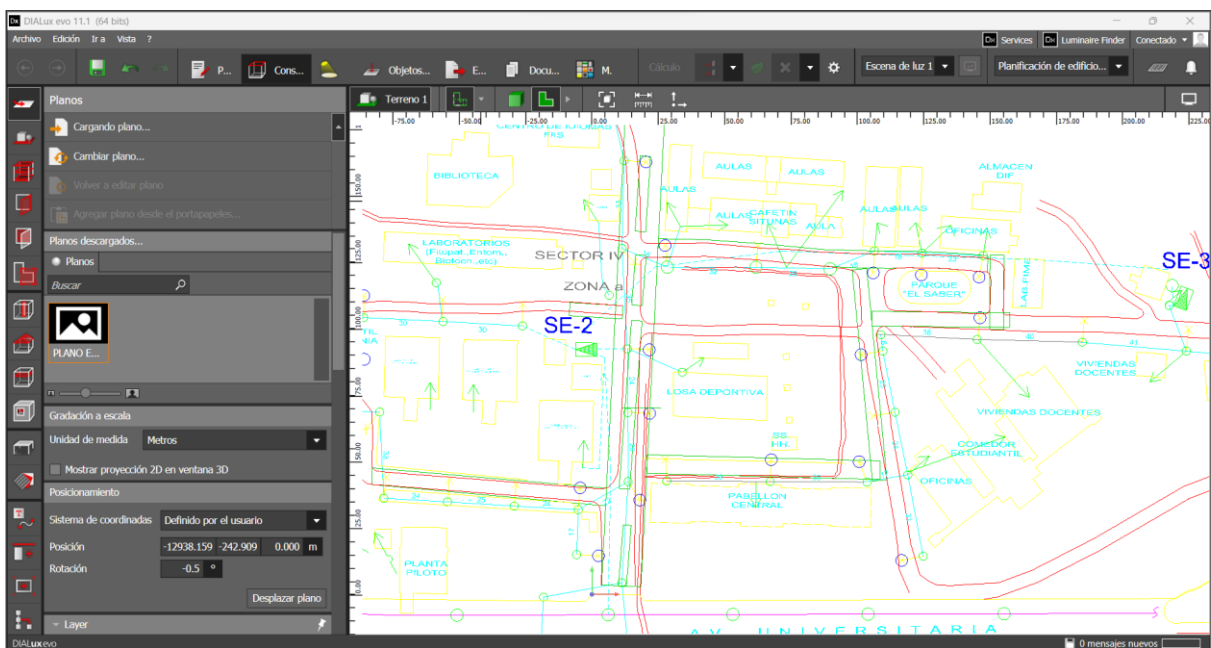


Figura 28. Importación de plano.

Después de la importación del plano se procedió a diseñar el entorno de la calle N°3 y la calle N°2, definir materiales, luminarias y objetos de cálculo, así como se observa en Figura 29, Figura 30 y Figura 31.

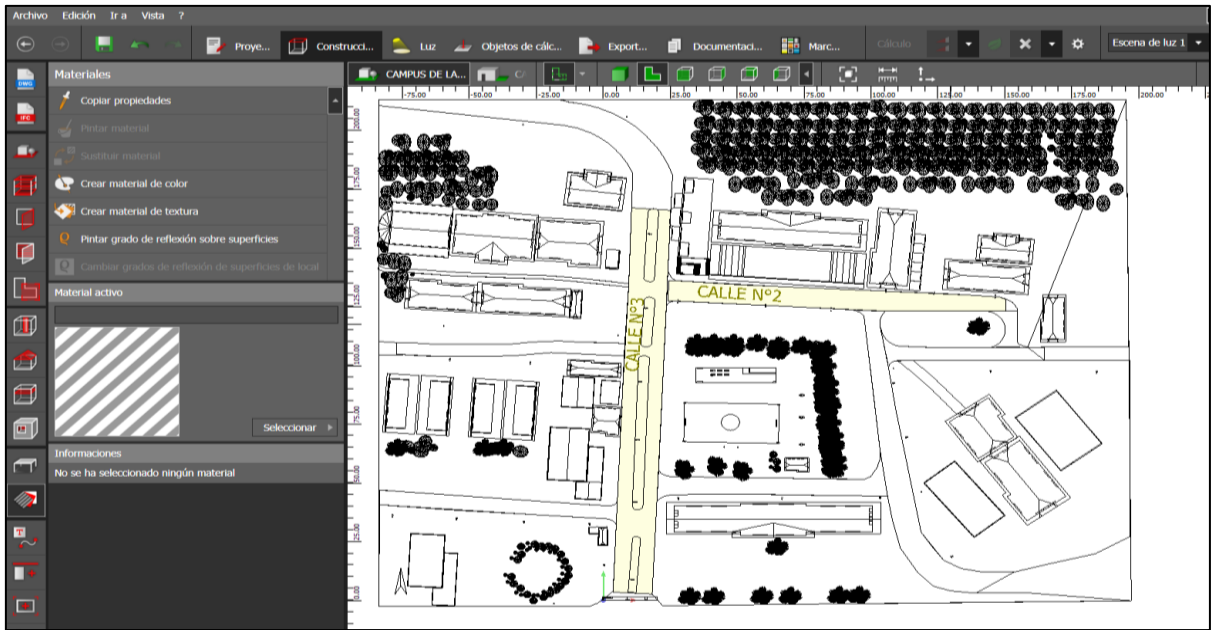


Figura 29. Modelamiento de calles de la UNAS.

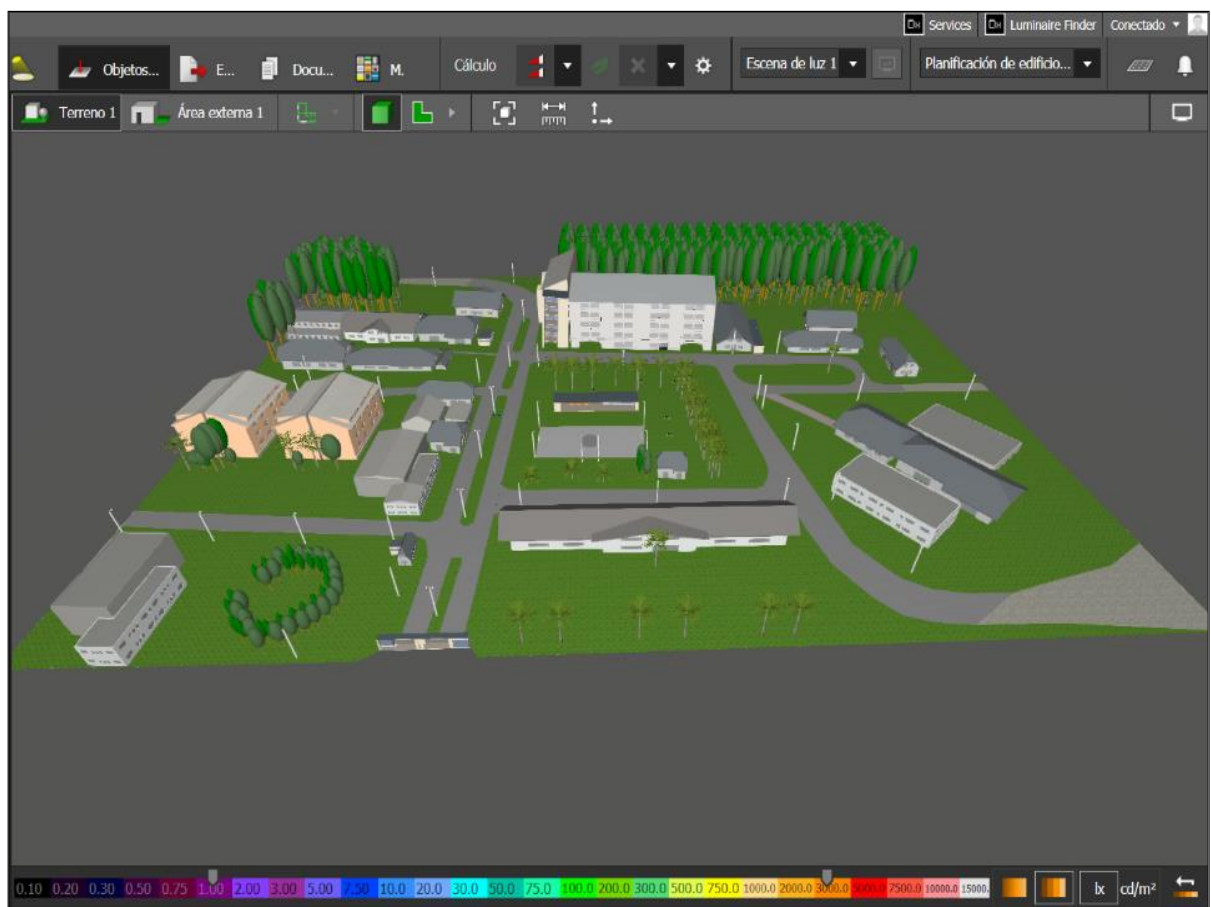


Figura 30. Modelamiento 3D del entorno de la calle N°3 y calle N°2 (UNAS).

Las luminarias son las mismas que se utilizaron para la simulación automática, se procedió a distribuir las luminarias y se utilizó dos objetos de cálculo: WP1 para la calle N°3 y WP2 para la calle N°2. Como se observa en la **Figura 31**.

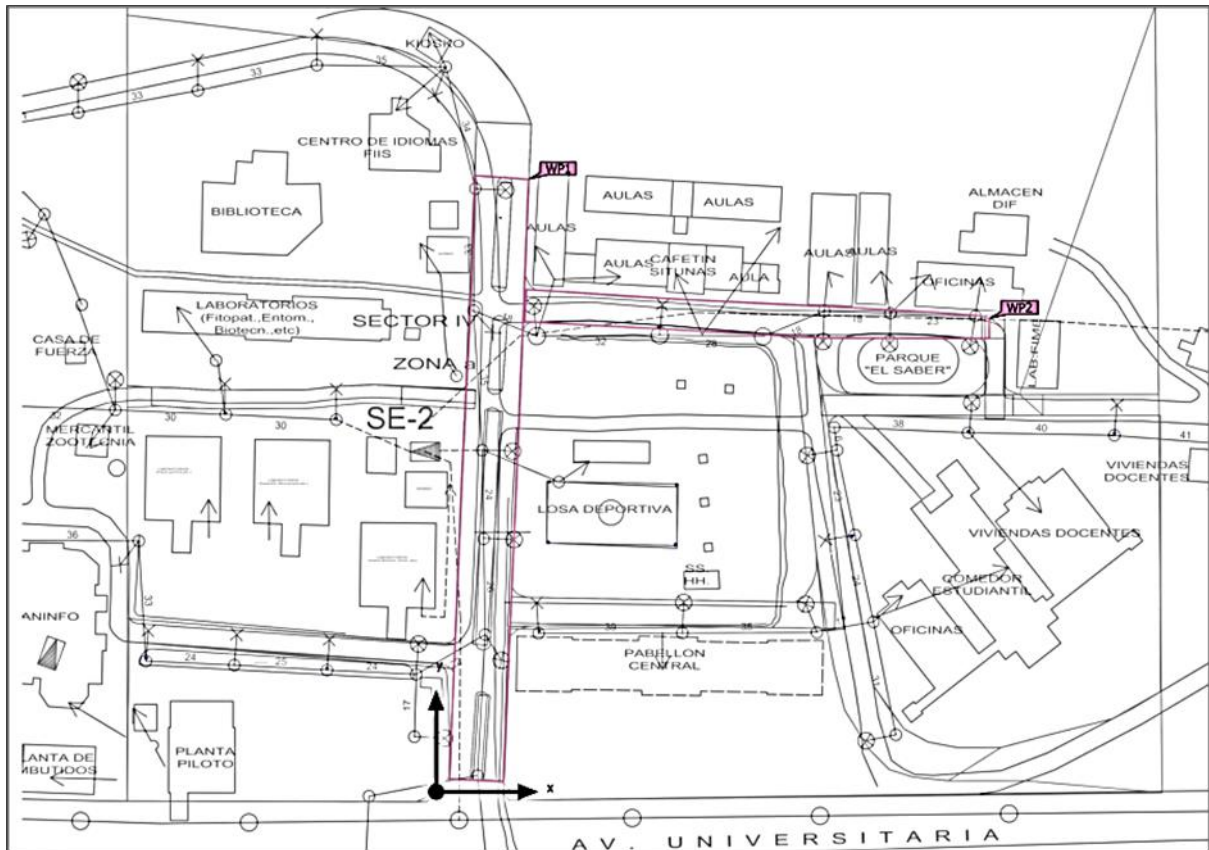


Figura 31. Objetos de cálculo. Simulación manual.

Después de definir los objetos de cálculos se definió la norma bajo la cual se realizará los cálculos, para el objeto de cálculo WP1 se instaló 12 luminarias y para el objeto de cálculo PW2 se instaló 6 luminaria, como se muestra en tabla 11.

Tabla 11. Numero de luminarias.

Cant.	Fabricante	Nº de Artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
6	Performance In Lighting	3105179	19 w	2619 lm	137.9 Lm/W
12	Performance In Lighting	3105693	44 w	6327 lm	143.8 Lm/W

Se procedió a realizar la segunda simulación, la cual se ilustra en la Figura 32. Esta simulación ha sido llevada a cabo con el objetivo de ajustar y verificar los

resultados obtenidos previamente, asegurando una evaluación más precisa del diseño de iluminación. También se pueden observar los resultados actualizados, que reflejan las modificaciones realizadas y su impacto en la distribución de la iluminancia.

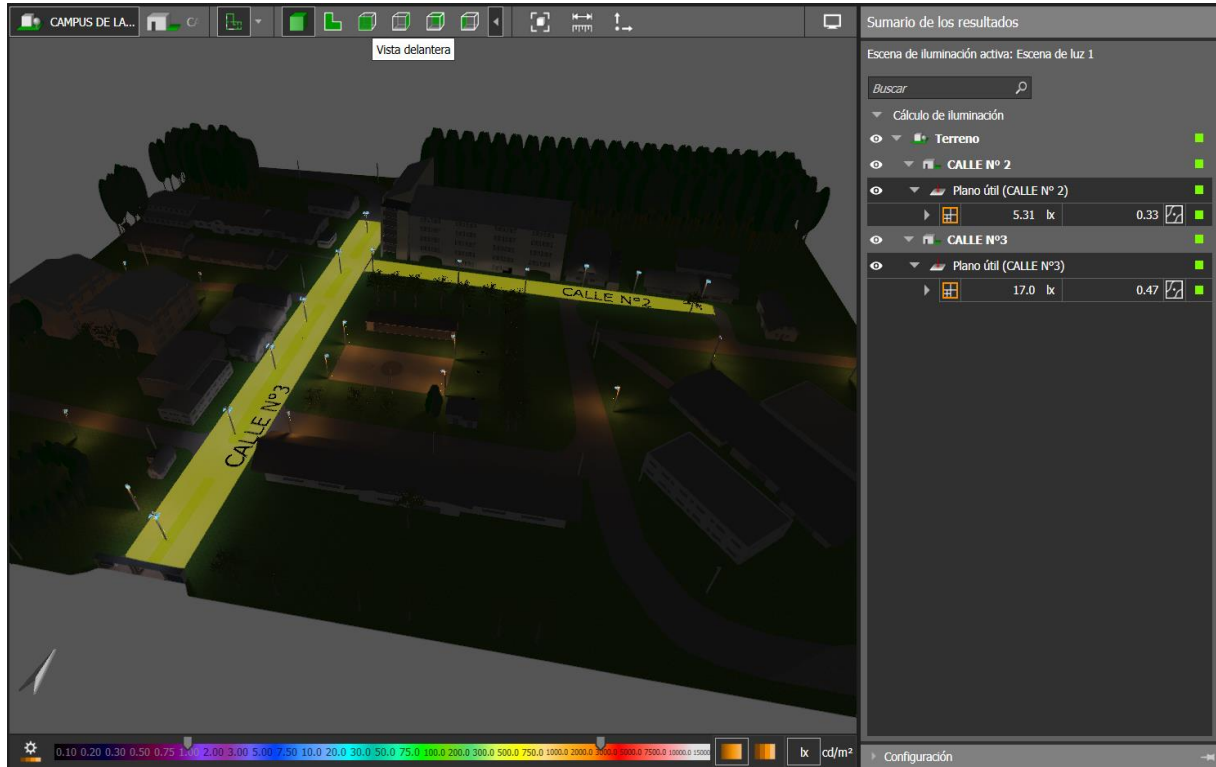


Figura 32. Simulación en DIALux – vista 3D

Según el tipo de vía asignado para la calle N° 3 y la calle N° 2, los requisitos de iluminación son los siguientes: para la calle N° 3, la iluminancia (E_m) debe estar entre 10 y 20 lux y la uniformidad (U_o) debe ser igual o superior a 0.25; para la calle N° 2, la iluminancia debe estar en el rango de 5 a 10 lux y la uniformidad debe ser al menos 0.15. Tras establecer estos parámetros, se llevó a cabo una simulación para verificar si las condiciones de iluminación cumplen con las especificaciones requeridas. Los resultados de esta simulación se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 12. Resultados lumínicos.

Nombre de la vía	E_m	E_{min}	E_{max}	U_o
Calle N°3	17 lux	7.94 lux	33.4 lux	0.47
Calle N°2	5.31 lux	1.77 lux	17.9 lux	0.33

El valor obtenido para la Calle N°3 es de 17 lux con una uniformidad de 0.47, que se encuentra dentro del rango de 10 a 20 lux requerido por la normativa DGE para vías locales comerciales con calzada oscura. Por otro lado, la Calle N°2 tiene una iluminancia promedio de 5.78 lux y un grado de uniformidad de 0.33, cumpliendo con el rango de 5 a 10 lux estipulado para vías residenciales I con calzada oscura según la normativa DGE. Ambos resultados cumplen con los requisitos establecidos.

En las Figuras 33 y 34 se muestra la mejora en la iluminación en la Calle N°3 y Calle N°2 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, tras la instalación de luminarias LED. Estas imágenes reflejan la optimización en la distribución y cobertura de la luz, evidenciando mejoras significativas en la iluminancia y eficiencia energética respecto a la configuración anterior.

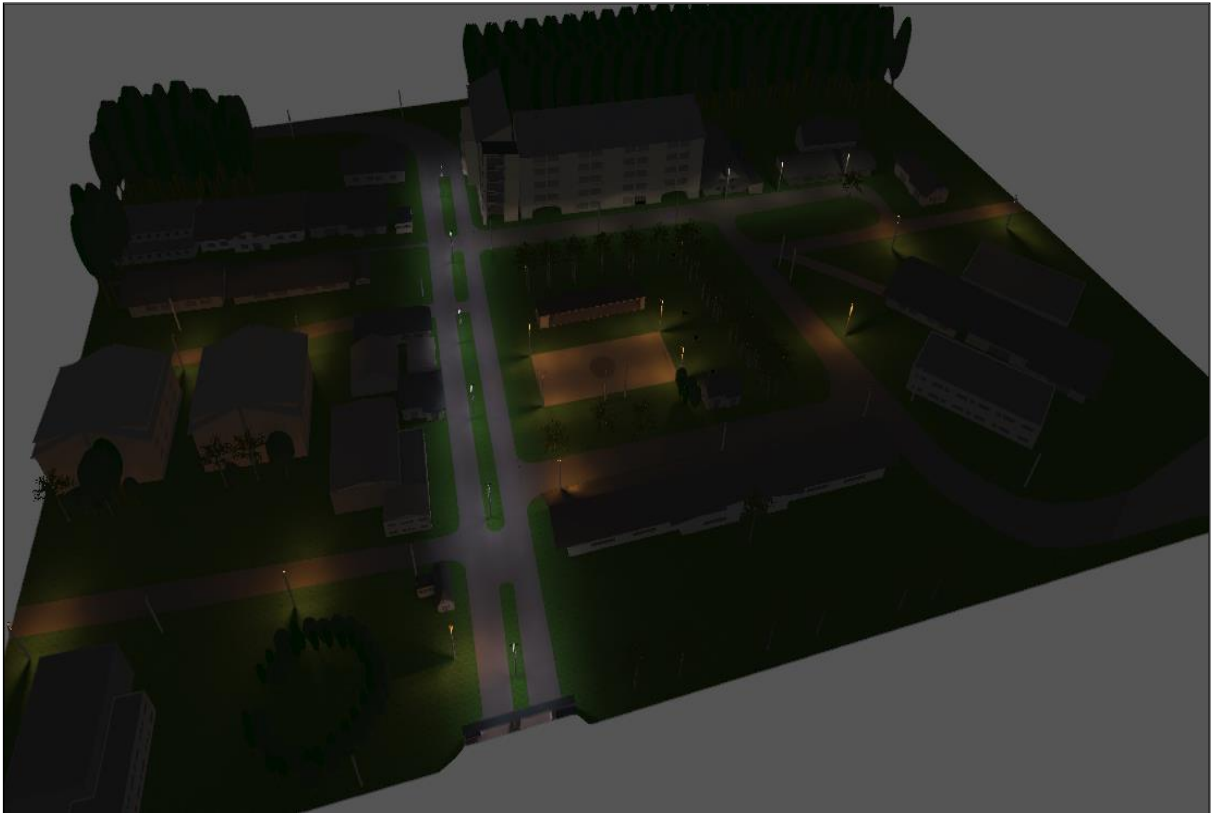


Figura 33. Simulación en DIALux – vista 3D (UNAS).

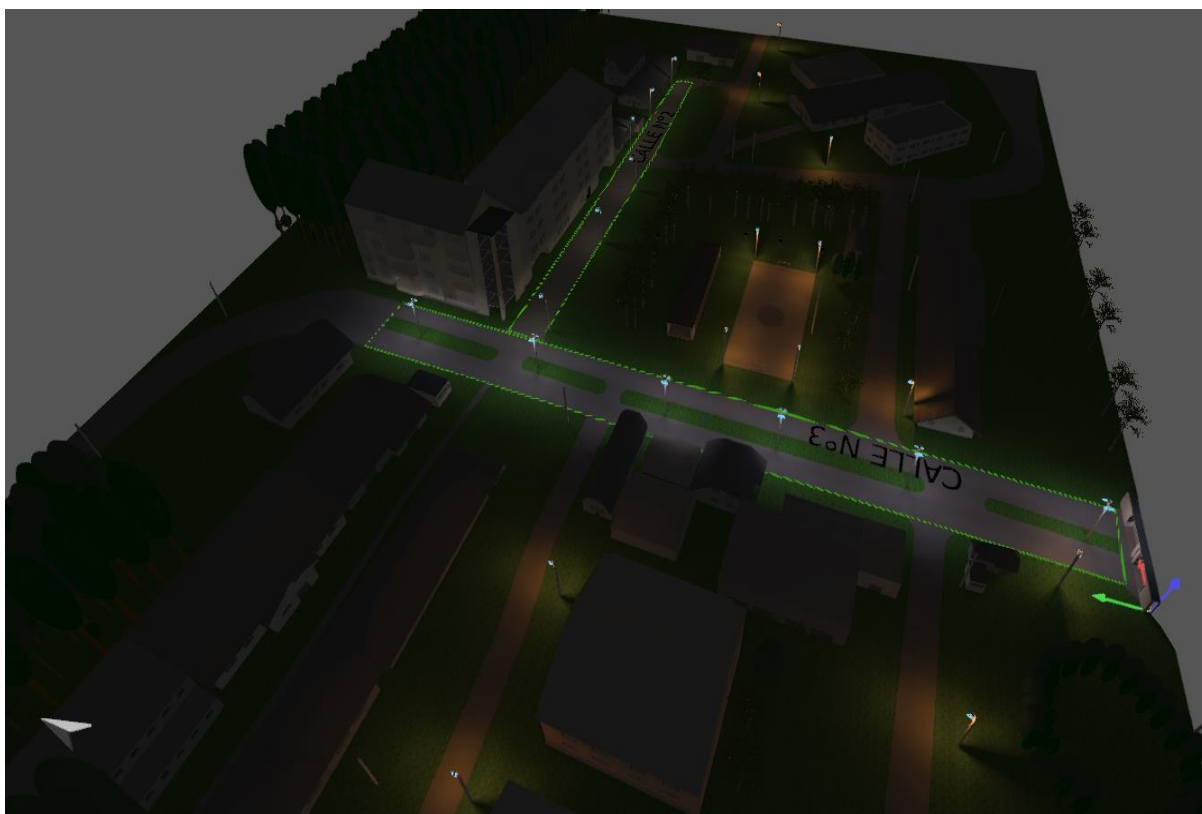


Figura 34. Simulación en DIALux – vista 3D (UNAS).

Como objetivo específico, se consideró realizar un Diseño luminotécnico por medio del software DIALux con la tecnología led como una propuesta para mejorar la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Para ello, se estudió la teoría de tecnología LED según de Juntunen, et al., (2003), quienes señalaron que la tecnología LED se basa en un chip de silicio por el que pasa una pequeña corriente eléctrica para generar luz. Además, mencionaron que esta tecnología es la más eficiente en términos de iluminación. Los resultados encontrados para la calle N°3 y la calle N°2 mostraron valores de iluminancia media de $E_m = 17 \text{ lux}$ y $E_m = 5.31 \text{ lux}$, respectivamente. Estos valores coinciden con lo reportado por MINEN (2003), que proporciona la NORMA TÉCNICA DGE "ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ZONAS DE CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN". Según esta normativa, nuestro estudio clasificó la calle N°3 como una vía local comercial con tipo de alumbrado III y la calle N°2 como una vía local residencial I con tipo de alumbrado IV. Además, se puede contrastar con la investigación de Valetti et al. (2021), quienes realizaron un trabajo centrado exclusivamente en la tecnología LED. Su estudio está en consonancia con lo presentado en esta tesis, y nuestros resultados, al igual que los suyos, demuestran la

importancia de utilizar tecnología LED para mejorar la iluminación. Por otro lado, Valetti et al. (2021) también investigaron los problemas de la contaminación lumínica y concluyeron que la iluminación LED es menos contaminante, lo que apoya la conclusión de utilizar esta tecnología. Es importante citar también el estudio de Aiastui (2023), que demuestra la importancia del uso de tecnología LED para mejorar la iluminación. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, que se centró únicamente en tecnología LED, Aiastui analizó la tecnología inteligente. El uso de tecnología inteligente podría ser motivo para futuros trabajos.

4.3. Comparación de los resultados de la situación actual en la iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con la situación simulada propuesta en lo que respecta en la iluminación media, para determinar el porcentaje de mejora.

4.3.1. Evaluación de la iluminación actual

Para realizar una evaluación de la situación actual (muestra 1) se procedió a realizar una simulación en DIALux con los datos recopilados en campo y planos eléctricos en AutoCAD de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

La evaluación se realizó a dos calles de la universidad nacional agraria de la selva las cuales son: calle N°3 y calle N°2.

Después de realizar la simulación los valores obtenidos son:

- Calle N°3 un $E_m=1.75$ < a 10 lux con una uniformidad $U_o=0.015$ < a 0.25. valores mucho menores a lo establecido por la Norma.
- Calle N°2 un $E_m=1.65$ < a 5 lux con una uniformidad $U_o=0.022$ < a 0.15. valores mucho menores a lo establecido por la Norma.

Para nuestro estudio se consideró a la calle N°3 como un tipo de vía **local comercial** con tipo de **alumbrado III** y para la calle N°2 como un tipo de vía **local residencial I** con tipo de **alumbrado IV**. Según la norma para un tipo de alumbrado III la iluminancia media debe estar entre 10 -20 lux con una uniformidad ≥ 0.25 , y para un tipo de alumbrado IV la iluminancia media debe estar entre 5-10 lux con una uniformidad ≥ 0.15 . Comparando con los valores obtenidos podemos afirmar que la iluminación de las calles N°3 y calles N°2 son deficientes.

4.3.2. Diseño luminotécnico mediante DIALux

Se prefirió el diseño obtenido con la simulación manual por haber conseguido mejores resultados.

Para nuestra propuesta de iluminación se seleccionó dos tipos de luminarias con las siguientes características:

Tecnología LED, instalación encima de mástil, 44W con una eficiencia de 143.8 lm/W con IP66 para la calle N° 3, se utilizó 12 luminarias con estas características, 2 luminarias por poste.

Tecnología LED, instalación encima de mástil, 19W con eficiencia de 137.9 lm/W con IP66, para la calle N°2, se utilizó 6 luminarias con estas características, 1 luminaria por poste.

En la simulación manual con DIALux, con estas luminarias se obtuvo:

- Calle N°3: $E_m=17$ lux, $20 \text{ lux} \geq E_m=17 \text{ lux} \geq 10 \text{ lux}$, con una uniformidad $U_o=0.47$, $U_o=0.47 > 0.25$. Valores que cumplen con la norma.
- Calle N°2: $E_m=5.31$ lux, $10 \geq E_m=5.31 \text{lux} \geq 5 \text{ lux}$, con una uniformidad $U_o=0.33$, $U_o=0.33 > 0.15$. Valores que cumplen con la norma.

La tecnología LED permite la utilización de luminarias de baja potencia por poseer alto rendimiento lumínico, con esto se logra un ahorro energético.

4.3.3. Comparación de la situación actual y la propuesta de iluminación.

Calle N°3: situación actual $E_m=1.75$ lux, con la propuesta de iluminación $E_m=17$ lux, lo cual se logró mejorar la iluminancia media un 871% en comparación a la situación actual.

Calle N°2: situación actual $E_m=1.65$ lux, con la propuesta de iluminación: $E_m=5.31$ lux, lo cual se logró mejorar la iluminancia media un 222% en comparación a la situación actual.

Los resultados de la simulación y evaluación para la configuración existente frente a la propuesta. La comparación busca identificar las mejoras en la

distribución de la luz y la efectividad del nuevo diseño, destacando los beneficios esperados de la propuesta en términos de eficiencia y calidad de iluminación.

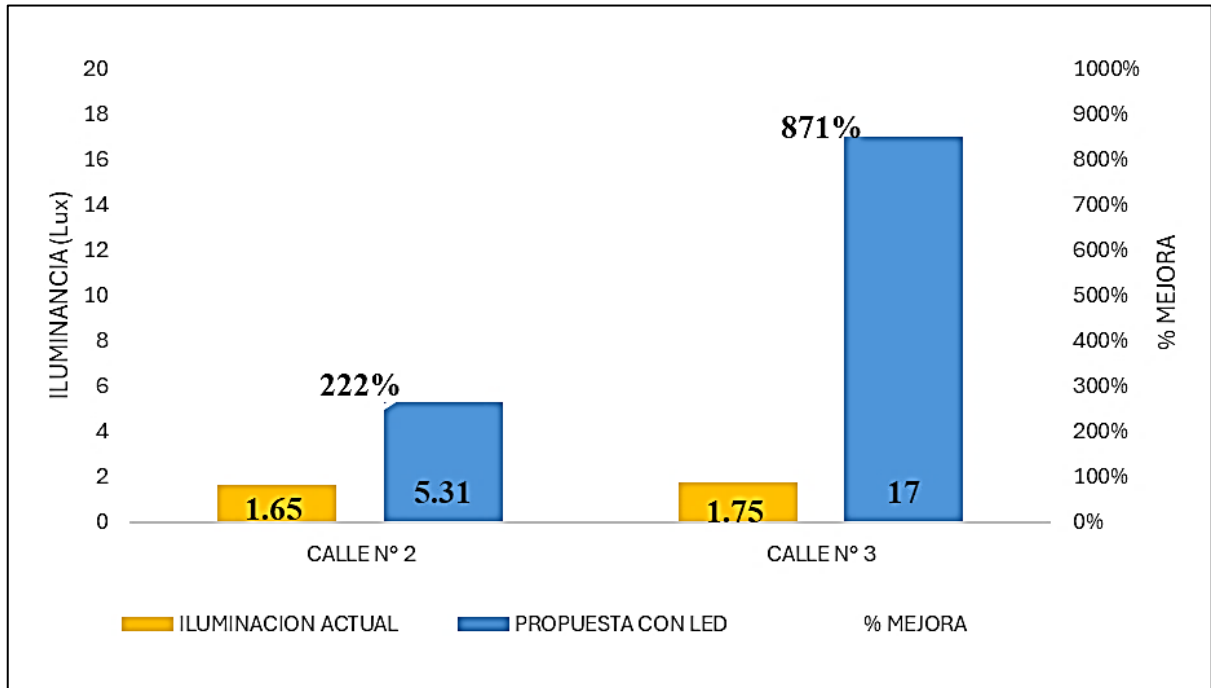


Figura 35. Comparación de la situación actual y la propuesta de iluminación con LED

Objetivo específico, se consideró comparar los resultados de la situación actual en la iluminación exterior de la UNAS con la situación simulada propuesta en cuanto a iluminancia media, para determinar el porcentaje de mejora en esta variable. Los resultados de la presente investigación mostraron que la iluminancia media mejoró en un 222% en la calle N°2 y en un 871% en la calle N°3, gracias al uso de la tecnología LED. Esto se puede contrastar con los resultados de Bachanek et al. (2021), quienes en su investigación analizaron la posibilidad de implementar ciudades completas con iluminación inteligente, donde la tecnología principal es la de los LEDs. Los distintos autores reconocen los grandes beneficios de usar esta tecnología, como se demuestra en la presente tesis. Asimismo, Sutopi et al. (2020) y Valdivieso (2021) también evidencian las ventajas de la tecnología LED. Sin embargo, nuestra investigación se centra específicamente en la mejora del nivel de iluminación mediante tecnología LED, a diferencia de los estudios mencionados que la asocian con energía solar. Esto sugiere la posibilidad de nuevas investigaciones en la UNAS, enfocadas en la combinación de tecnología LED con otras fuentes de energía.

V. CONCLUSIONES

- Los indicadores del sistema de iluminación exterior de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) muestran deficiencias notables en las calles N°3 y N°2. En la calle N°3, la iluminancia medida es de 1.75 lux, inferior a los 10 lux requeridos, y el índice de uniformidad (U_0) es de 0.015, por debajo del mínimo aceptable de 0.25. En la calle N°2, la iluminancia es de 1.65 lux, también por debajo de los 5 lux esperados, con un índice de uniformidad de 0.022, inferior al estándar de 0.15. Estos resultados sugieren que el sistema de iluminación exterior de la UNAS presenta deficiencias significativas.
- Se propone la instalación de luminarias con las siguientes características: Para la calle N° 3 - Tecnología LED, instalación encima de mástil, 44W con una eficiencia de 143.8 lm/W con IP66, dos luminarias por poste, 6 postes en total. Para la calle N°2 - Tecnología LED, instalación encima de mástil, 19W con eficiencia de 137.9 lm/W con IP66, una luminaria por poste, 6 postes en total.
- Con la propuesta de iluminación con tecnología LED se logró una mejora significativa en la eficiencia de la iluminación en comparación con las luminarias convencionales (HPS). Para la Calle N°3, la iluminancia media actual era de 1.75 lux, mientras que la propuesta de iluminación con LED la elevó a 17 lux, representando una mejora del 871%. En el caso de la Calle N°2, la iluminancia media actual era de 1.65 lux y con la propuesta LED aumentó a 5.31 lux, lo que implicó una mejora del 222% en la iluminancia media.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las autoridades de la Universidad Nacional Agraria de la Selva consideren esta investigación como referencia para implementar la mejora de iluminación con tecnología LED en los exteriores de la UNAS
- Se recomienda evitar la contaminación lumínica respetando las características de las luminarias propuestas para la mejora de iluminación.
- Se recomienda realizar pruebas de iluminación una vez implementada la mejora de iluminación propuesta.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aiastui, X.(2023). Towards more efficient industrial lighting.[Tesis de maestria, Linkoping University]. Repositorio Linkoping University Sweden. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1773841/FULLTEXT01.pdf>
- Bachanek, K., Tundys, B., Wisniewski, T., Puzio, E., & Marouskova, A., (2021). Intelligent Street Lighting in a Smart City Concepts. A Direction to Energy Saving in Cities: An Overview and Case Study. Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences, DOI: 10.24425/bpasts.2020.134172
- Ballester, J. (2016). Iluminación artificial de las zonas verdes. https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Downloads/Iluminacion_Artificial_de_Zonas_Verde_s.pdf.
- Boomsma, C. & Steg, L. (2014). The effect of information and values on acceptability of reduced street lighting. doi: 10.1016/j.jenvp.2013.11.004.
- Comité Español de Iluminación (CEI). (2010). La revista del Comité Español de Iluminación Noticias, proyectos, estudios y eventos de iluminación arquitectónica. Edición: CACTUS PRESS, Ltd. Madrid - España. https://www.ceisp.com/fileadmin/RevistaLucesCEI/PDF/Luces_CEI_40.pdf
- COMPARALUX. (2016). Comparalux. www.comparalux.es.
- Cree Lighting. (s/f).Iluminación para mayor comodidad. https://www.creelighting.com/applications/gas-stations-c-stores/?lang=es_es
- Creswell, J. (2018). Diseño de investigación: enfoques cualitativos, cuantitativos y de métodos mixtos. (5ta ed.). <https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf>
- Cuñez, J. (2015). Comportamiento de la resistividad eléctrica de los suelos ante variaciones de humedad y grado de compactación. [Tesis de pregrado,Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional Universidad de cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23016>
- D'Addario, M. (2017). Manual de luminotecnia: fundamentos, cálculos y aplicaciones. Editorial:Createspace independent publishing platform.
- Del Rio, I. (2017). Diseño de una luminaria LED. Volumen I Memoria técnica https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/117719/Volumen%20I_MEMORIA.pdf

- Dou, J. & Ma, H. (2020). Analysis and Optimization of Ancient Building Lighting Based on DIALux. doi: 10.1109/CCDC49329.2020.9164397.
- Egusquiza, C. (2023). Diseño del sistema de iluminación con tecnología led y su control inteligente para el edificio de la empresa JLINSAC. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú] Repositorio Institucional UTP.
- EUROINNOVA. (2021). Iluminación LED. <https://www.euroinnova.pe/iluminacion-exterior-led#>
- Gay, L., Mills, G., & Airaisan, P. (2011). Educational Research Competencies for Analysis and Applications (10ma ed.). Pearson Education International, Boston. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1679280>
- Gyurov, V., & Panchev, H. (2019). Experimental Research on Light and Energy Parameters of Intelligent Street and Road Lighting Systems. Conferencia: 2019 11a Conferencia de la Facultad de Ingeniería Eléctrica (BULEF). DOI: 10.1109/BuleF48056.2019.9030760
- Haans, A., & Kort, Y. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: Two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.05.006>
- Harper, E. (2003). Manual práctico de Alumbrado. (1ra ed.). Limusa Noriega Editores.
- Hemmerling, M., Seegers, M., & Witzel, D. (2022). Calculation of energy saving potential for lighting with DIALux evo. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112475>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. (6ta ed.). McGRAW-HILL / Interamericana Editores.
- Immecke, M. (2021). DIALux evo: Reference Book for DIALux evo 9.x and a guide to self-learning. Editor: Independently Published.
- Jiménez, D., & Proaño, X. (2020). Diseño de un Sistema de Alumbrado LED a través de Energía Fotovoltaica para Brindar Niveles de Calidad de Iluminación en el Parqueadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Vol. 16 núm. 2 (2020): revista técnica "energía", edición no. 16. DOI: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.363>
- Johansson, M., Rosén, M., & Küller, R. (2011). Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath". Lighting Research & Technology. Doi:10.1177/1477153510370757
- Juarez, J. (2021). Implementación con luminarias no convencionales para el sistema de iluminación exterior en la subestación GIS Sauces de 230 KV. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional UNMSM.

- https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17141/Juarez_ej.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Juntunen, E., Tetri, E., Tapaninen, O., Yrjana, S., Kondratyev, V., Sitomaniemi, A., Siirtola, H., Sarjanoja, E., Heikkinen, V., & Aikio, J. (2013). A smart LED luminaire for energy savings in pedestrian road lighting”. *Lighting Research and Technology*. Doi:10.1177/1477153513510015
- Kaldewey, D., & Schauz, D. (2018). *Investigación Básica y Aplicada*. <https://doi.org/10.3167/9781785338106>
- Khotary, C. (2004). *Metodología, métodos y técnicas de investigación*. New Age International (P) Ltd., Editores Publicado por New Age International.
- Kumar, Y. (2006) *Fundamentos de Metodología de la Investigación y Estadística*. New age international (P) Limited, Editores. <https://mfs.mkcl.org/images/ebook/Fundamental%20of%20Research%20Methodology%20and%20Statistics%20by%20Yogesh%20Kumar%20Singh.pdf>
- Kyba, C., Kuester, T., Sanchez, A., Baugh, k., Jechow, A., Holker, F., Bennie, J. Elvidge, C., Gaston, K., & Guanter, L. (2017). La superficie de la Tierra iluminada artificialmente durante la noche aumenta en brillo y extensión. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1701528>
- Lennox, J. (2013). *The Landscape Lighting Book*. (3ra ed.)
- León, L., & Zavaleta, L. (2023). *Diseño de Sistema Fotovoltaico para suministrar electricidad a un sistema de iluminación LED de una plataforma deportiva en Chilete – Cajamarca*”. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119246>
- Li, B. & Gu, L. (2014). The development of LED street lamp pavement lighting effects testing system, 2014. 11avo Congreso Internacional de China. Luz de estado sólido del foro. SSLCHINA. DOI: 10.1109/SSLCHINA.2014.7127233.
- Llorente, A. (2014). La importancia de la calidad de la luz en la iluminación LED. *Diario Electrónico hoy*. <https://www.diarioelectronicohoy.com/>
- Longa, G., Bettinelli, E., Longa, G., Maggiani, S. & Santantoni (2016). *Illuminazione artificiale delle chiese*.
- Medina, R. (2022). *Propuesta de instalacio de lamparas LED para mejorar el alumbrado publico en la zona centro de Huancayo – 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Peru]. Repositorio institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8104>

- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2006). Código Nacional de Electricidad Suministro. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898623/C%C3%B3digo_Nacional.
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). MINEM. (2003). Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de concesión de distribución. Gob.pe. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/95576/RM_013_2003_DM.pdf
- Ministerio Minas y Energía de Colombia. (2010). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP).
- Mokhbery M. & Aghlmand M. (2016). Metodología de la Investigación Aplicada en Ingeniería y Ciencias. Editorial: Avand Andisheh. https://www.researchgate.net/publication/320715783_Applied_Research_Methodology_in_Engineering_and_Science
- Pandey, P., & Pandey, M. (2015). Metodología de la investigación: herramientas y técnicas.(2da ed.). <https://www.euacademic.org/BookUpload/9.pdf>
- Petrinska, I & Ivanov, D.(2019). Iluminación artística y arquitectónica del edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Sofía, Bulgaria. doi: 10.1109/BLJ.2019.8883634.
- Sutopo, W., Shinta, I., Zakaria, R., & Ali, A. (2020). Un modelo para mejorar los estándares de implementación del alumbrado público basado en energía solar. <https://doi.org/10.3390/en13030630>
- Valdivieso, K. (2021). Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional UDP. <https://pirhua.udep.edu.pe/items/89e3ad12-27df-4e19-bbbb-53482020b985>
- Valetti, L., Floris, F. & Pellegrino, A. (2021). Renovation of public lighting systems in cultural landscapes: lighting and energy performance and their impact on nightscapes. <https://doi.org/10.3390/en14020509>
- Walliman, N. (2021). Research methods: the basics. Taylor & Francis e-Library. (3ra ed.) <https://doi.org/10.4324/9781003141693>
- Xiong, J. & Tzempelikos, A. (2016). Model-based shading and lighting controls considering visual comfort and energy use. doi: 10.1016/j.solener.2016.04.026.
- Zajac, P. & Przybylek, G.(2020). Lámparas de iluminación en áreas recreativas – Daños y prevención, pruebas y modelado. DOI: [10.1016/j.engfailanal.2020.104693](https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104693)

ANEXOS

ANEXO A: Panel fotográfico



Figura 36. Vista principal de las calles Nro. 2 y calle Nro. 3.

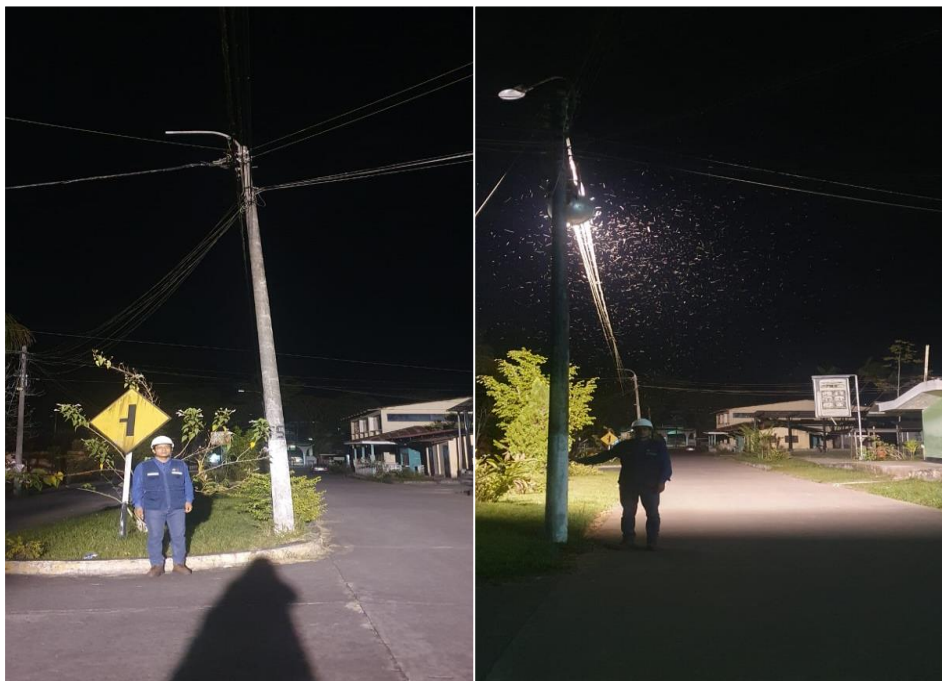


Figura 37. Reconocimiento del área de trabajo, calle Nro. 2 y Nro. 3.



Figura 38. Evaluación y recolección de información.



Figura 39. Recolección de información.

ANEXO B: Mapa/ Plano

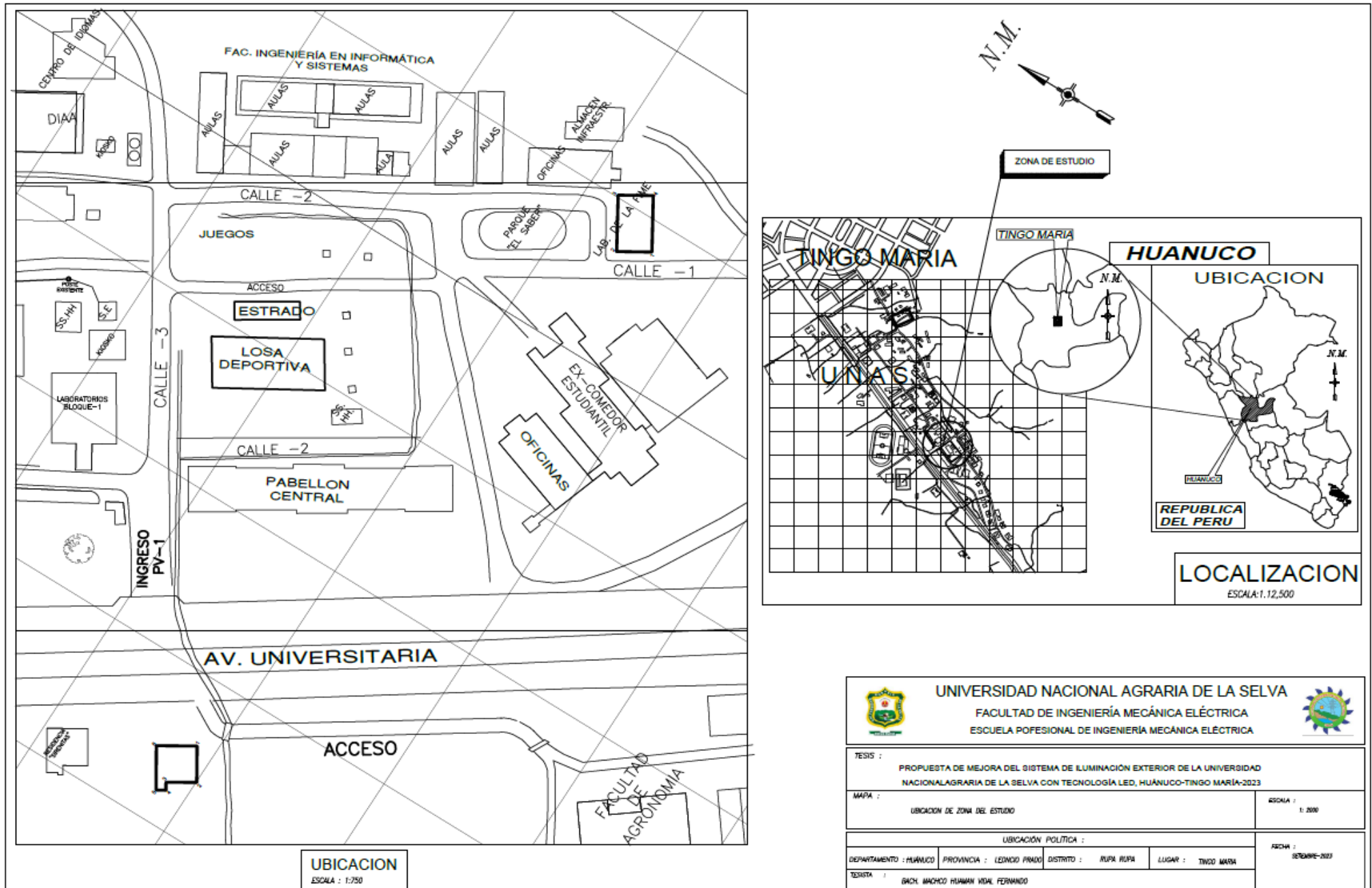
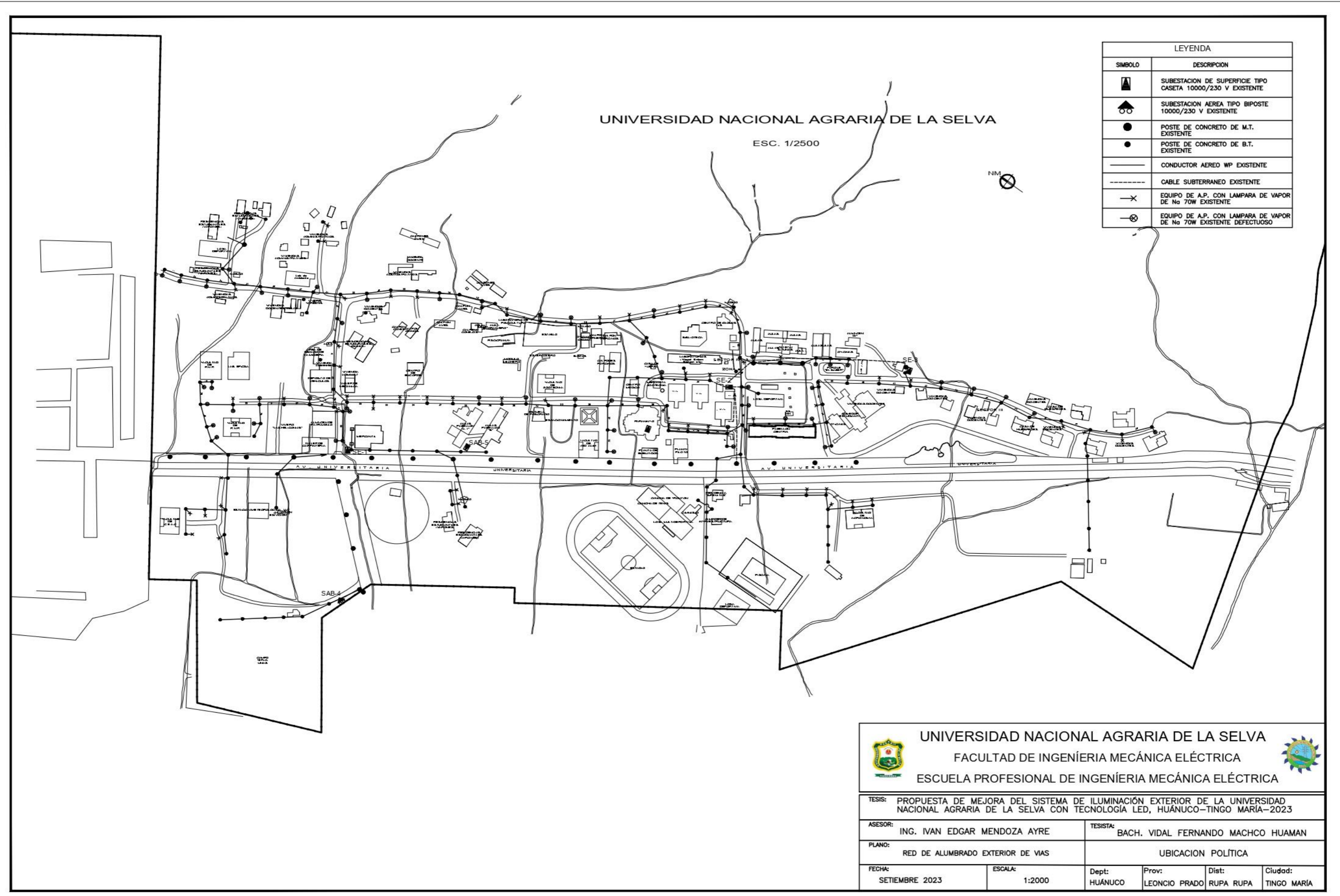


Figura 40. Mapa de la ubicación de la zona de estudio

Figura 41. Plano de red de alumbrado exterior de vías.



ANEXO C: Informes de la simulación