

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS**

**MEJORA DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN EN LA VÍA  
ARTERIAL TUPAC AMARU (FRONTIS UNI), PARA  
REDUCIR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN  
LUMÍNICA**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

ELABORADO POR:

**ROGGER MARCO MEZA SURICHAQUI**

 [0000-0001-9638-9265](https://orcid.org/0000-0001-9638-9265)

ASESOR:

**M. ING. EDGARD GUADALUPE GOÑAS**

 [0000-0002-2144-6058](https://orcid.org/0000-0002-2144-6058)

**LIMA – PERÚ**

**2024**

Meza Surichaqui [1]

[1] R. Meza Surichaqui. *“Mejora del diseño de iluminación en la vía arterial Tupac Amaru (frontis UNI), para reducir el impacto de la contaminación lumínica”* [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.

(Meza, 2024)

Meza, R. (2024). *Mejora del diseño de iluminación en la vía arterial Tupac Amaru (frontis UNI), para reducir el impacto de la contaminación lumínica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

***Dedicatoria***

*A Dios y a quienes siempre me muestran cariño y apoyo*

*para seguir avanzando, a mi familia y amigos.*

## **RESUMEN**

La implementación de normas técnicas para la adecuación de la iluminación de vías de nuestro país se realiza a través del estudio de prefactibilidad de nuevas tecnologías. El desarrollo de esta tesis presenta una propuesta para mejorar el diseño de iluminación de la vía arterial Túpac Amaru, esto está basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DM.

Se realizó este estudio con el objetivo de reducir el impacto de la contaminación lumínica (CL) y sus efectos negativos en la eficiencia energética y el ciclo circadiano de las personas. Para esta finalidad, hemos utilizado un estudio mixto, que aplica una medición cuantitativa (mediciones en campo y obtenidos en una simulación) y una evaluación cualitativa (comparación de los valores obtenidos regulados por la norma), con el propósito de efectuar correcciones de ingeniería.

Las conclusiones se alinean con los objetivos planteados, ya que la iluminación irregular que se había conseguido con el paso de los años se mejora con la nueva norma, y con ello se minimiza el derroche energético y los impactos en la salud de las personas. El uso de las nuevas tecnologías muestra con claridad un avance positivo en materia de la ingeniería de la iluminación.

Finalmente es beneficioso proponer correcciones de ingeniería para potenciar las capacidades y promover del uso y la implementación de las luminarias LED, las redes inteligentes y la telegestión en materia de disminuir los impactos negativos de la contaminación lumínica.

**Palabras Clave:** Contaminación lumínica, iluminación, telegestión, eficiencia energética, ciclo circadiano.

## ABSTRACT

The implementation of technical standards for the adaptation of road lighting in our country is carried out through the pre-feasibility study of new technologies. The development of this thesis presents a proposal to improve the lighting design of the Túpac Amaru arterial road, this is based on the RM standard N°460-2021-MINEM-DM.

This study was carried out with the aim of reducing the impact of light pollution (CL) and its negative effects on energy efficiency and people's circadian cycle. For this purpose, we have used a mixed study, which applies a quantitative measurement (measurements in the field and obtained in a simulation) and a qualitative evaluation (comparison of the values obtained regulated by the standard), with the purpose of making engineering corrections.

The conclusions are aligned with the stated objectives, since the irregular lighting that had been achieved over the years is improved with the new standard, thereby minimizing energy waste and impacts on people's health. The use of new technologies clearly shows a positive advance in lighting engineering.

Finally, it is beneficial to propose engineering corrections to enhance the capabilities and promote the use and implementation of LED luminaires, smart networks, and remote management in terms of reducing the negative impacts of light pollution.

**Keywords:** Light pollution, lighting, remote management, energy efficiency, circadian cycle.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
1.1.    Generalidades .....	4
1.2.    Descripción del problema de investigación.....	5
1.3.    Formulación del problema .....	5
1.3.1.    Problema general.....	5
1.3.2.    Problemas específicos.....	6
1.4.    Objetivo del estudio .....	6
1.4.1.    Objetivo general.....	6
1.4.2.    Objetivos específicos .....	6
1.5.    Antecedentes investigativos .....	7
1.6.    Hipótesis.....	10
1.6.1.    Hipótesis General .....	10
1.6.2.    Hipótesis Específicos.....	10
1.7.    Variables y operacionalización de variables .....	10
<b>CAPÍTULO II</b> .....	13
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	13
2.1.    Método y tipo de la investigación.....	13
2.1.1.    Método de investigación .....	13
2.1.2.    Tipo y nivel de diseño de investigación .....	13
2.2.    Técnicas, instrumentos y materiales de verificación .....	14
2.2.1.    Técnicas de recopilación de la información.....	14
2.2.2.    Instrumentos y Materiales .....	14
2.2.3.    Campo de verificación o ubicación espacial.....	14
2.2.4.    Ubicación temporal .....	15
2.2.5.    Unidad de estudio .....	15
<b>CAPÍTULO III</b> .....	16
<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	16
3.1.    Conceptos generales sobre iluminación.....	16
3.1.1.    Luz visible .....	16

3.1.2.	Iluminación natural nocturna .....	17
3.1.3.	Flujo luminoso .....	18
3.1.4.	Intensidad Luminosa .....	18
3.1.5.	Iluminancia .....	18
3.1.6.	Iluminancia media .....	19
3.1.7.	Relación de entorno (SR).....	19
3.1.8.	Temperatura del color .....	20
3.1.9.	Reflectancia .....	20
3.1.10.	Contraste .....	21
3.2.	Conceptos generales sobre Contaminación Lumínica .....	21
3.2.1.	La Contaminación Lumínica.....	21
3.2.2.	Focos contaminantes .....	21
3.2.3.	Contaminación por fuentes de luz.....	21
3.2.4.	Efecto de la CL en el ciclo circadiano .....	22
3.2.5.	Deslumbramiento.....	22
3.2.6.	Derroche de energía derivados de la CL .....	23
3.3.	Conceptos generales sobre normativas de regulación en el alumbrado de vías públicas peruanas.....	24
3.3.1.	Vía y tramo de vía .....	24
3.3.2.	Alumbrado público .....	24
3.3.3.	Resolución Ministerial N°460-2021-MINEM/DM .....	25
3.3.4.	Proyecto de Norma DGE Resolución Ministerial.....	25
3.3.5.	Ley N°31316, Ley de Prevención y Control de La Contaminación Lumínica .....	26
3.4.	Conceptos generales sobre evaluación lumínica de vías arteriales .....	26
3.4.1.	Vías arteriales .....	26
3.4.2.	Uniformidad media de iluminancia (Um) .....	27
3.4.3.	Vano de análisis .....	28
3.4.4.	Consideraciones mínimas para el diseño de alumbrado de vías arteriales .....	28
3.4.5.	Tipos de alumbrado según la clasificación vial .....	29
3.4.6.	Requerimiento de parámetros lumínicos mantenidos en vías	33

3.4.7.	Reglas Generales para el alumbrado público en vías arteriales .....	33
3.4.8.	Tipos de superficie de calzada .....	34
3.5.	Conceptos generales sobre el método de las mediciones de alumbrado de vías arteriales .....	35
3.5.1.	Método para la medición de iluminancia en vías arteriales...	35
3.5.2.	Condiciones de validez para una correcta medición .....	37
3.5.3.	Equipos para la medición de iluminancia en vías arteriales..	37
3.5.4.	Personal calificado para la medición de iluminancia en vías arteriales .....	39
3.5.5.	Nuevas tecnologías para la iluminación en vías arteriales....	39
3.5.6.	Uso de la telegestión en la iluminación de vías .....	41
3.6.	Conceptos generales del programa de simulación Dialux Evo para la iluminación de vías arteriales .....	42
3.6.1.	Parámetros generales del software Dialux Evo .....	42
3.6.2.	Características del software Dialux Evo.....	44
3.7.	Conceptos generales la medición de la calidad del cielo nocturno .....	44
3.7.1.	Consideraciones para una buena medición del cielo nocturno a través del SQM .....	44
3.7.2.	Calificación de la calidad del cielo nocturno.....	47
3.8.	Marco conceptual .....	47
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>49</b>
<b>DESARROLLO DE LA TESIS .....</b>		<b>49</b>
4.1.	Diagnóstico del estado situacional del diseño de iluminación .....	49
4.1.1.	Clasificación del tipo de alumbrado de la zona de estudio según norma .....	49
4.1.2.	Características de velocidad y densidad vehicular para la clasificación vial y tipo de alumbrado en la zona de estudio.....	50
4.1.3.	Estándares de calidad del Alumbrado Público en la zona de estudio .....	51
4.1.4.	Posición del observador para la obtención de datos según la norma .....	53
4.1.5.	Preparación y toma de datos con el Luxómetro para la medición de la iluminancia según la norma .....	54



4.1.6.	Interpretación de los resultados obtenidos en campo con el Luxómetro EXTECH-407026 .....	63
4.1.7.	Instalación y obtención de los valores de la calidad del cielo nocturno en la zona de medición con el SQM .....	70
4.1.8.	Resultados de la calidad del cielo nocturno .....	78
4.1.9.	Curvas características de los resultados de la calidad del cielo nocturno .....	108
4.1.10.	Interpretación de los resultados de los datos obtenidos .....	110
4.2.	Propuesta de mejora del diseño de iluminación .....	116
4.2.1.	Método de interacción del Dialux Evo con Google Maps .....	116
4.2.2.	Identificación de luminarias para ser incluidas en el software .....	117
4.2.3.	Determinación de los promedios de iluminancia obtenidas con el software Dialux por vanos .....	118
4.2.4.	Comparación cuantitativa de los valores obtenidos en campo y la simulación en Dialux, y exceso porcentual .....	123
4.2.5.	Mejora del diseño de iluminación en base a la calidad del cielo nocturno y creación de una nueva escala .....	127
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>129</b>
<b>ANÁLISIS, DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.....</b>		<b>129</b>
5.1.	Discusión de resultados .....	129
5.2.	Contrastación de la hipótesis.....	133
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>137</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>139</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>		<b>141</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2.	Toma de datos en el primer carril de la vía arterial.....	59
Tabla 3.	Toma de datos en el segundo carril de la vía arterial. ....	61
Tabla 4.	Iluminación promedio en el primer carril.....	64
Tabla 5.	Iluminación promedio vs nro. de postes en el primer carril. ....	65
Tabla 6.	Iluminación promedio en el segundo carril. ....	67
Tabla 7.	Iluminación promedio vs nro. de postes en el segundo carril...	68
Tabla 8.	Datos obtenidos en el primer lapso de 20:33 a 21:25. ....	78
Tabla 9.	Datos obtenidos en el segundo lapso de 21:45 a 23:05.....	90
Tabla 10.	Promedio de temperaturas obtenido en el primer intervalo....	110
Tabla 11.	Promedio de brillo nocturno obtenido en el primer intervalo. ..	110
Tabla 12.	Promedio de iluminancia natural de la luna obtenido en el primer intervalo. ....	110
Tabla 13.	Gráfica brillo del cielo vs temperatura en el primer intervalo..	111
Tabla 14.	Promedio de temperaturas obtenidos en el segundo intervalo. ....	111
Tabla 15.	Promedio de brillo nocturno obtenidos en el segundo intervalo. ....	112
Tabla 16.	Promedio de iluminancia natural de la luna obtenidos en el segundo intervalo.....	112
Tabla 17.	Gráfica brillo del cielo vs temperatura en el segundo intervalo. ....	113
Tabla 18.	Comparación de resultados en campo y simulación en Dialux Evo primer carril.....	123
Tabla 19.	Comparación de resultados en campo vs simulación en Dialux Evo primer carril.....	124
Tabla 20.	Comparación de resultados en campo y simulación en Dialux Evo segundo carril. ....	125
Tabla 21.	Comparación de resultados en campo vs simulación en Dialux Evo segundo carril. ....	126
Tabla 22.	Tabla propuesta de la calidad del cielo nocturno.....	128
Tabla 23.	Estándares de calidad de iluminación de la vía arterial.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b>Rango de luz visible. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Contraste de apreciación de luz natural. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Unidades internacionales de iluminación. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Límite de aplicación del coeficiente de iluminación (SR).....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Temperatura del color.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Uso inadecuado de lámparas.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Valores de deslumbramiento molesto. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Plano del Sistema Vial Metropolitano Vigente.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Tipos de alumbrado según la clasificación vial.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Estándares lumínicos por tipo de alumbrado.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Tipos de superficie de calzada.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Malla de medición de iluminancia para 15 puntos por vano..</b>	<b>36</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Equipo Luxómetro.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Equipo Fotómetro SQM. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Lámparas con luminarias LED para alumbrado público.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Evolución de la tecnología LED frente a las convencionales.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Interfaz del software Dialux Evo.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 18.</b>	<b>Calendario lunar de los meses de noviembre y diciembre del 2021. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Curvas características de medición del cielo nocturno, en las mediciones SQM. Málaga, 2015. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 20.</b>	<b>Calificación de la calidad del cielo nocturno.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Tipos de alumbrado según la clasificación vial .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 22.</b>	<b>Características de velocidad y densidad vehicular en la zona de estudio. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 23.</b>	<b>Estándares lumínicos por tipo de alumbrado.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 24.</b>	<b>Identificación de los parámetros lumínicos en los vanos de estudio. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 25.</b>	<b>Identificación de los estándares lumínicos en los vanos de estudio. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 26.</b>	<b>Calibración orientada por el técnico a cargo. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 27.</b>	<b>Entradas y salidas del luxómetro digital EXTECH. ....</b>	<b>56</b>

Figura 28.	Capacitación realizada por el técnico a cargo.....	57
Figura 29.	Pruebas de medición realizada por el técnico del equipo. ....	58
Figura 30.	Carpeta de instalación de la interfaz Unihedron. ....	70
Figura 31.	Interfaz Unihedron. ....	71
Figura 32.	Llenado de los datos de DL Header en el interfaz Unihedron. .....	72
Figura 33.	Conexión del equipo SQM-LU con la PC.....	73
Figura 34.	Interfaz Unihedron con el activador de licencia.....	74
Figura 35.	Interfaz Unihedron en la ventana <i>log continuously</i> . ....	75
Figura 36.	Mediciones obtenidas en el equipo instalado.....	76
Figura 37.	Mediciones obtenidas en el Plotter. ....	76
Figura 38.	Datos importados al programa Excel. ....	77
Figura 39. pabellón A6.	Puesta en operación del equipo SQM-Lu en el techo del .....	78
Figura 40.	Gráfica de datos obtenidos en el primer intervalo.....	108
Figura 41.	Gráfica de datos obtenidos en el primer intervalo.....	109
Figura 42. Evo.	Determinación de los vanos de estudio en el software Dialux .....	116
Figura 43.	Identificación de luminarias para el software Dialux Evo. ....	118
Figura 44.	Identificación de los vanos en el Dialux Evo. ....	119
Figura 45.	Objetos de cálculo de vanos en el área de trabajo. ....	119
Figura 46.	Tablas de resultados simulación en Dialux Evo. ....	120

## PRÓLOGO

La contaminación lumínica de vías peruanas es una preocupación inminente para los organismos afectos del concepto de iluminación urbana o rural y para la cual se han establecido leyes, normas y conceptos nuevos para tratar de mitigar esta problemática. Debemos saber que la alteración de los parámetros de iluminación del entorno es lo que denominamos contaminación lumínica, los excesos y/o descuidos de los valores regulados son los causantes del problema, y las consecuencias que afectan de manera directa a los ciudadanos; son, por ejemplo: alteraciones en el ciclo circadiano, el derroche energético y la contaminación visual. Este trabajo desarrolla capítulos que se respaldan en la norma nacional vigente sobre el alumbrado de vías y espacios públicos; y se fundamentan también, en varios estudios de investigación nacionales e internacionales para fortalecer la idea. Se propone en la investigación entonces, una metodología para mejorar el diseño lumínico de las vías, tomando como muestra los vanos comprendidos entre la puerta N° 3 y N° 4 de la Universidad Nacional de Ingeniería y con ello se logra desarrollar seis capítulos en los que vamos a encontrar la siguiente información:

En el primer capítulo se realiza la introducción de la investigación, se describen las generalidades, y se expresa la problemática para definir las variables de investigación. Se formulan los problemas y se describen además los objetivos, tanto general como específicos y se añaden los antecedentes

nacionales e internacionales para justificar la propuesta y las correcciones de ingeniería que se proponen en cada una para tratar de mejorar la iluminación de los vanos estudiados en la vía arterial. Se incluyen las hipótesis de investigación en relación con los objetivos general y específicos, además encontraremos la hipótesis nula, la hipótesis alterna y finalmente, la operacionalización de las variables.

En el segundo capítulo, metodología de la investigación, vamos a encontrar la manera como definimos el método de investigación utilizado, el tipo de investigación, técnicas e instrumentos y materiales para el desarrollo del trabajo. Vamos a encontrar también la matriz de consistencia y el árbol de problemas para identificar las variables y los indicadores.

En el tercer capítulo, marco teórico y conceptual vamos a encontrar todos los conceptos necesarios para entender el problema de la contaminación lumínica en las vías arteriales. Debemos conocer los conceptos generales sobre iluminación, contaminación lumínica, evaluación lumínica de vías, métodos de mediciones, entre otros. Finalmente encontramos a la norma técnica en la cual está basada la investigación; utilizaremos estos conceptos para proponer acciones que nos permitan corregir el alumbrado público sobre los vanos de la vía a través de objetivos tanto general como específicos.

En el cuarto capítulo, desarrollo la tesis, se realiza el diagnóstico del estado situacional del diseño de iluminación bajo la norma peruana en mención para identificar el tipo de vía sobre el cual estaremos trabajando, se

realizan las mediciones en campo de la iluminación bajo el método de los 15 puntos por vano y se realiza también la simulación en el software Dialux Evo. Se incluye una medición de la calidad del cielo nocturno cuyos conceptos se encuentran en la norma CIE 140-2000, norma internacional en la que se basa norma RM N°460-2021-MINEM-DM. Posteriormente se incluyen las propuestas de mejora del diseño de iluminación para ambos parámetros.

En el quinto capítulo; análisis, discusión de los resultados y contrastación de hipótesis, se discuten los valores obtenidos en la parte del desarrollo de la tesis, aquellos datos cuantitativos y porcentuales se evalúan conforme regula la norma RM N°460-2021-MINEM-DM y se proponen las mejoras de ingeniería que permiten alcanzar los objetivos.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación propone una mejora en el diseño de iluminación tomando un tramo de la vía arterial Tupac Amaru como muestra de estudio, y basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DM, con el objetivo de reducir el impacto de la contaminación lumínica en esta zona de estudio para sirva de antecedente al implementar la aplicación de las ventajas que se indican en la nueva normativa a las vías a nivel nacional. En este capítulo se exponen también las generalidades, planteamiento de la realidad problemática y los objetivos generales y específicos, además se proponen hipótesis y se realiza la operacionalización de las variables.

#### 1.1. Generalidades

La norma anterior que se ha utilizado en los proyectos de iluminación en el Perú estuvo en vigencia por más de 20 años. En el año 2021 el MINEM aprobó una nueva norma actualizando sus conceptos y métodos, y que entró en vigor a inicios del año 2022. A consecuencia de ello se propone una mejora en el diseño de la iluminación de un tramo de la Av. Tupac Amaru, con el uso de la tecnología como aliada estratégica, conceptos rescatados de la nueva norma RM N°460-2021-MINEM-DM.



## 1.2. Descripción del problema de investigación

La concepción de Contaminación Lumínica lo usamos para denominar y describir la alteración de la iluminación de espacios naturales o urbanos de las ciudades. Al respecto, para nuestro análisis sobre la vía arterial Tupac Amaru (frontis UNI) se viene observando una incorrecta iluminación con un valor aproximado mayor al 300% en exceso, lo que genera que se produzcan efectos negativos en perjuicio de los habitantes y del entorno. El problema es creciente y es causada por focos contaminantes, por luminarias en desuso y además por la falta de estudios o proyectos de ingeniería que lo corrijan. Esta alteración es consecuencia de una serie de pasos desatinados, como el bajo interés de los organismos de regulación o el transcurso de los años sin actualizar los conceptos, y que es la causante de los efectos negativos en la salud de las personas (perturbando su ciclo circadiano); además, que genera el derroche energético que se traduce en un gasto económico innecesario al bolsillo de los ciudadanos.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Es posible mejorar el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DIM, para reducir el impacto de la Contaminación Lumínica?

### 1.3.2. Problemas específicos

- ¿Se puede evaluar el estado situacional actual de la vía Tupac Amaru (frontis UNI), en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación?
- ¿Es posible mejorar el diseño realizando una comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación?
- ¿Es posible efectuar una medición de la calidad del cielo nocturno basado en la norma CIE 140-2000 para regular el ciclo circadiano en la salud humana?
- ¿Se pueden proponer correcciones de ingeniería que mejoren la iluminación de la vía arterial Tupac Amaru y que cumpla la norma vigente?

## 1.4. Objetivo del estudio

### 1.4.1. Objetivo general

Mejorar el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DM, para reducir el impacto de la Contaminación Lumínica.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el estado situacional actual de la vía Tupac Amaru (frontis UNI), en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación.

- **Mejorar el diseño realizando una comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación.**
- **Efectuar una medición de la calidad del cielo nocturno basado en la norma CIE 140-2000 para regular el ciclo circadiano en la salud humana.**
- **Proponer correcciones de ingeniería que mejoren la iluminación adecuada de vías arteriales y que cumpla la norma vigente.**

#### **1.5. Antecedentes investigativos**

**GAMARRA MANUEL, (2021) en su tesis de título profesional "MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL DEL PERÚ, BASADO EN ESTÁNDARES DE CALIDAD SEGÚN EL COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN"; hace énfasis en que se deben establecer estudios en base a las nuevas tecnologías aplicadas en el campo de la iluminación y la eficiencia energética en las principales vías del país para el mejoramiento de esta. Concluye que la falta de actualización de las normas nacionales peruanas desde el año 2002, incrementan el consumo energético en las zonas denominadas vías expresas, vías rápidas y vías arteriales. Además, hace uso del uso del software de simulación Dialux 4.0, que tiene incluido valores internacionalmente normados para una mejor comparación de resultados.**

SEGAMA ROLANDO, (2017) en su tesis para la obtención de su título profesional "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA", busca una alternativa de solución haciendo uso de las TIC (tecnologías de información y comunicación) para mejorar la calidad del alumbrado público dentro de las instalaciones de esta casa de estudios. Concluye que el uso de la telegestión con comunicación wireless es la mejor opción en cuanto a la mejora en el mediano plazo, pues permite gestionar con mayor eficiencia el servicio del alumbrado gracias a las múltiples acciones como el control individual de las luminarias.

CHUQUILLANQUI, S. & SANTILLÁN, L. (2016) en su tesis para la obtención del grado de maestría "OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO Y LA MINIMIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN LA CIUDAD DE LIMA", realiza el método de la determinación de la Red de Alumbrado Público óptimo mediante simulaciones SCHREDER. Concluye algo importante con esta simulación, consiguiendo teóricamente una reducción cercana al 14% en los niveles de Contaminación Lumínica, la misma que luego de la implementación en campo, se pueden alcanzar valores reales de hasta el 10% de reducción de la CL, esta simulación contribuye con la eficiencia del gasto energético y ahorro económico.

SÁNCHEZ ALEJANDRO, (2015) en su memoria para aspirar al grado de Doctor en Ciencias Físicas, "VARIACIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y ESPECTRAL DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA Y SUS FUENTES: METODOLOGÍAS Y RESULTADOS", nos presenta una gran variedad de metodologías para determinar la presencia de la Contaminación Lumínica. Halla sus valores y sus parámetros con ayuda de imágenes ISS, imágenes multiespectrales y técnicas de teledetección; incluye el estudio del brillo del cielo, parámetro con el que obtiene una relación influenciada a la presencia de Contaminación Lumínica de una ciudad. Concluye que las variaciones de estos valores a lo largo de un año, modifica nuestra percepción de mayor o menor nivel de la CL, según sea el caso de estudio. Nos brinda recomendaciones y nos da detalles tales como: La estación anual de menor incertidumbre de las mediciones, la influencia de la luz lunar y de las curvas de calidad del cielo en que es posible determinar la presencia de la CL, entre otras cosas. Estos efectos de la calidad del brillo del cielo pueden verse a cientos de kilómetros de los núcleos de la población.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

Con la mejora en el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DM, se reduce el impacto de la Contaminación Lumínica y sus efectos negativos derivados de este concepto.

### **1.6.2. Hipótesis Específicos**

- H1. Con la evaluación del estado situacional en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación se observa una deficiencia actual en el diseño.**
- H2. A través de la comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación se evidencia la presencia de contaminación lumínica.**
- H3. Se consigue regular el ciclo circadiano en la salud humana efectuando la medición de la calidad del cielo nocturno y proponiendo una nueva escala con base en la norma CIE 140-2000.**
- H4. Se proponen correcciones de ingeniería que adecuan la iluminación de vías arteriales en base a la norma RM N°460-2021-MINEM-DM.**

## **1.7. Variables y operacionalización de variables**

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	OPERACIONALIZACIÓN		ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable independiente (x):</p> <p>Mejora del diseño de iluminación.</p>	<p>Actualización de los parámetros de iluminación para conseguir de manera favorable o desfavorable un concepto de ingeniería, una recomendación o una acción correctiva.</p>	<p>Se evidencia la mejora del diseño de iluminación en:</p> <p>El estado situacional y el estado de diseño.</p>	<p><b>DIMENSIONES</b></p>	<p><b>INDICADORES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luxes normados</li> <li>• Mag/arcsec<sup>2</sup></li> <li>• Variación porcentual de la relación de entorno</li> <li>• Variación porcentual de la uniformidad media de iluminación</li> </ul>
<p>Estado situacional</p>	<p>Calidad de iluminación</p> <p>Rango de luxes</p>				
<p>Estado del diseño</p>	<p>Relación de entorno</p> <p>Uniformidad media de iluminación</p>				

				Calidad del cielo nocturno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma RM N°460-2021-MINEM-DM sobre Alumbrado de vías y Espacios Públicos</li> <li>• Ley N°31316 sobre Prevención y Control de la Contaminación Lumínica</li> </ul>
Variable dependiente (y):  Reducción del impacto de la Contaminación Lumínica.	Medidas regulatorias aplicable a las fuentes de contaminación.  Contribución a mejorar la calidad de vida, fauna, y la reducción del derroche de energía y la seguridad vial.	Se determina la reducción de la Contaminación Lumínica a través de la evaluación de la salud de las personas, del estado de la mejora y de las correcciones de ingeniería.	Salud de las personas	Ciclo circadiano	
			Estado de mejora	Derroche energético  Estándar de luxes  Telegestión y redes inteligentes	
			Correcciones de ingeniería	Norma RM N°460-2021-MINEM-DM	

Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Método y tipo de la investigación

##### 2.1.1. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo pues el trabajo ha recolectado y analizado datos numéricos, tanto de campo como simulados. Asimismo, la investigación es cuasi experimental porque se determina la zona de estudio de una manera no aleatoria, a ello debemos adicionar que no se incorpora la intervención real en el propio diseño, los resultados reales se ven hasta después de su implementación.

##### 2.1.2. Tipo y nivel de diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación es aplicado por que resuelve el problema real con la mejora del diseño de iluminación reduciendo la contaminación lumínica que afecta a las personas y a la sociedad.<sup>1</sup>

Este trabajo tiene un nivel de diseño descriptivo por que describe los fenómenos de la investigación, se plantean hipótesis para poder contrastarlo, por ende se logra demostrarlo.

---

<sup>1</sup> Huamaní, Pedro F. *La investigación Tecnológica*. Universidad Ricardo Palma. Lima, 2017.

## **2.2. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación**

### **2.2.1. Técnicas de recopilación de la información**

Para la recopilación de la información se hace uso de la observación, y medición experimental utilizando los instrumentos de medición como el luxómetro EXTECH y el SQM para recopilar los valores de iluminancia y calidad del cielo nocturno.

### **2.2.2. Instrumentos y Materiales**

Para el desarrollo del estudio, se utilizarán los siguientes materiales, equipos e instrumentos de acuerdo con el siguiente detalle:

- Equipo luxómetro para medida de iluminancia en luxes.
- Equipo SQM para medida de la calidad del cielo nocturno.
- Interfaz de interpretación de datos Unihedrom del SQM-LU.
- Herramientas de ofimática (MS Excel, MS Word, MS Project).
- Una laptop/computadora.
- Instalación del software Dialux Evo para simular los valores preestablecidos de acuerdo con el tipo de vía y normativa europea.
- Equipos fotográficos (cámara o celular).

### **2.2.3. Campo de verificación o ubicación espacial**

El trabajo de investigación se llevará a cabo en su totalidad

dentro del área metropolitana de la ciudad de Lima, para ser exactos en el frontis de la Universidad Nacional de Ingeniería (puertas N°3 y N°4); como también dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica (techo del pabellón A6).

#### 2.2.4. Ubicación temporal

El presente estudio se realizó entre los meses de febrero a diciembre del año 2023.

#### 2.2.5. Unidad de estudio

La vía arterial comprendida entre las puertas N°3 y puerta N°4 de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el distrito del Rímac en Lima, es considerada unidad de estudio debido a que los trabajos de recopilación de información y facilidades con la institución se realizaron en este lugar. Asimismo, se buscó facilidades en cuanto a un lugar recto, sin zonas de conflicto (cruces vehiculares, intersecciones, rotondas, etc.) debido a que estas zonas requieren de más información para su análisis. "La medición de iluminancia es adecuadamente aplicable a vías rectas, sin zonas de conflicto".<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Recuperado de Normas DGE "Alumbrado de vías y Espacios Públicos".

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

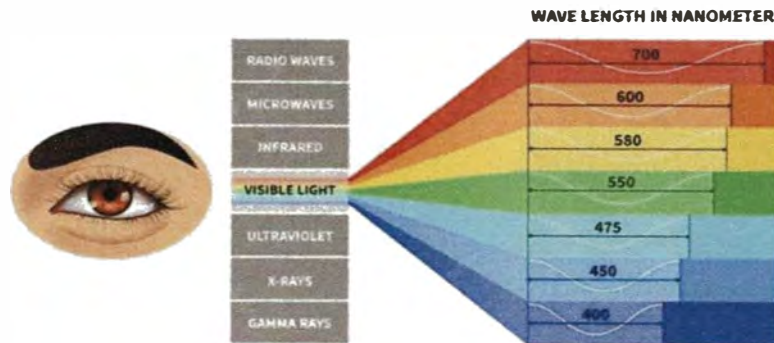
En este capítulo vamos a ver el desarrollo del marco teórico, que permitirá al lector comprender en mayor nivel el contenido de esta tesis. Como el tema de fondo viene siendo el análisis de una norma peruana y su aplicación en los aspectos en la vida cotidiana, por ello vamos a tratar de explicar con la mayor claridad los conceptos de la iluminación artificial, las terminologías que se emplean el sector público (en cuanto a norma, resolución o documento hacemos mención). Es importante entender, por lo tanto, los reglamentos, los conceptos, los temas y subtemas de este capítulo para mejorar la comprensión:

#### **3.1. Conceptos generales sobre iluminación**

##### **3.1.1. Luz visible**

La luz visible no es otra cosa que el rango electromagnético de ondas y sus respectivas longitudes de ondas, existen una gran variedad de longitudes de ondas que son fácilmente perceptibles para el ojo humano.

Figura 1. Rango de luz visible.



*Fuente: ¿Qué es la luz visible? ¿De qué está hecha? Quora, 2024.*

### 3.1.2. Iluminación natural nocturna

La iluminación natural nocturna es la iluminación presente que existe en un ambiente nocturno sin que este haya sido modificado por el hombre o algún otro medio artificial. La luz proviene de los astros y de la luna, su influencia radica en la apreciación de sobre la iluminación de sitios urbanos.

Figura 2. Contraste de apreciación de luz natural.



*Fuente: Imágenes de internet, autor desconocido.*

### 3.1.3. Flujo luminoso

Entendamos el flujo luminoso como la medida de la potencia luminosa emitida. Su unidad es el lumen<sup>3</sup> (lm).

### 3.1.4. Intensidad Luminosa

Es la cantidad de flujo luminoso que es emitido por una fuente en relación con un ángulo sólido. Su unidad es la candela<sup>4</sup> (cd).

### 3.1.5. Iluminancia

Se puede definir a la iluminancia como el flujo luminoso que incide en una superficie. Su unidad es el lux<sup>5</sup> (lx).

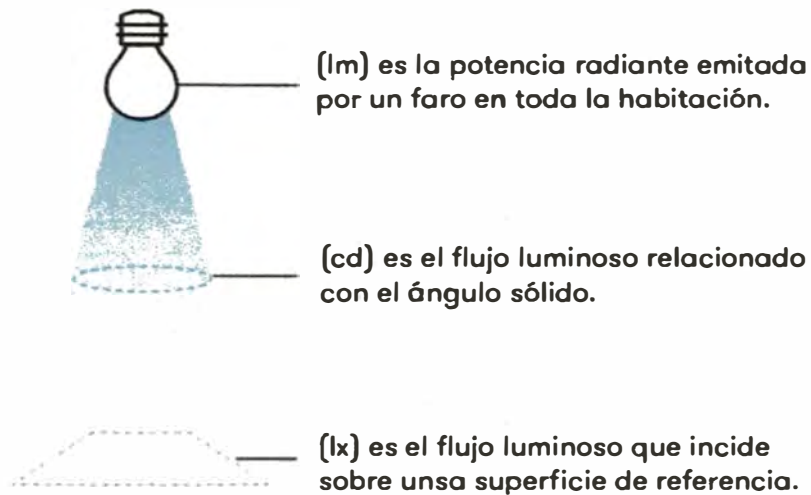
---

<sup>3</sup> El Lumen es la medida del flujo luminoso en el SI.

<sup>4</sup> La Candela es la medida de la intensidad luminosa en el SI.

<sup>5</sup> El Lux es la medida de la iluminancia en el SI.

Figura 3. Unidades internacionales de iluminación.



Fuente: Artículo: "Todo sobre intensidad luminosa", Auer Signal, 2022.

### 3.1.6. Iluminancia media

Se considera a la iluminancia media como el promedio aritmético de los valores medidos de iluminancia en tramo o vano.

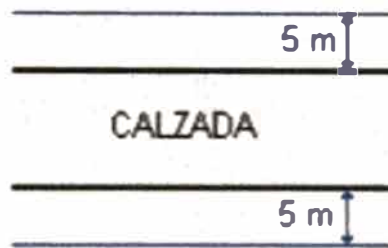
### 3.1.7. Relación de entorno (SR)

La relación de entorno nos indica lo siguiente:

Es el cociente de la iluminación promedio en las veredas ( $\bar{E}_{vi}$ ) entre la iluminación promedio de la mitad del carril adyacente ( $\bar{E}_{ci}$ ).

El ancho de las cuatro franjas debe ser igual a 5 metros o la mitad de ancho de la calzada, la iluminancia promedio en las franjas se deben calcular por el mismo procedimiento. Esta iluminancia promedio debe mantenerse en toda la extensión de la vereda.

Figura 4. Límite de aplicación del coeficiente de iluminación (SR)

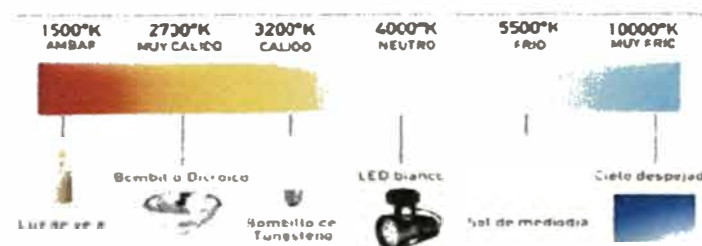


Fuente: Norma DGE, Alumbrado de vías públicas, 2021.

### 3.1.8. Temperatura del color

Entendemos por temperatura de color a las distintas tonalidades que se pueden obtener de la luz, la temperatura de color se mide en Kelvin.

Figura 5. Temperatura del color



Fuente: Imágenes de internet.

### 3.1.9. Reflectancia

Su definición es la comparación o relación entre el flujo luminoso reflejado (luminancia) y el flujo luminoso que incide en una superficie (iluminancia).



### 3.1.10. Contraste

Es una diferencia con respecto a la intensidad luminosa entre dos superficies o dos objetos.

## 3.2. Conceptos generales sobre Contaminación Lumínica

### 3.2.1. La Contaminación Lumínica

Se define contaminación lumínica a la alteración de los niveles naturales de iluminación del entorno, causada por la actividad humana, con el uso de fuentes de luz artificial.

### 3.2.2. Focos contaminantes

Denominaremos focos contaminantes a todo objeto que propicia el desencadenamiento de la contaminación lumínica, luminarias mal dimensionadas, lámparas en desuso, creciente población y uso de espacios cerrados con mayor tránsito.

### 3.2.3. Contaminación por fuentes de luz

En el alumbrado público artificial, existen factores por los que la iluminación deja de ser efectiva y causa la contaminación lumínica (deslumbramiento, desaprovechamiento lumínico, haz de luz amarilla). Una mala selección o dimensionamiento de lámparas incrementan este parámetro, pues provocan que el área a iluminar no se cubra correctamente y escapan las haces por el horizonte.

Figura 6. Uso inadecuado de lámparas.



*Fuente: Municipalidad de Lima, 2020.*

#### 3.2.4. Efecto de la CL en el ciclo circadiano

El ciclo o ritmo circadiano hace referencia a los cambios físicos, mentales y conductuales de un ser en un periodo de 24 horas. Responden principalmente a la luz y a la oscuridad del entorno, es un concepto natural de la mayoría de los seres vivos (animales, plantas y hasta microbios). Las funciones vitales del ciclo circadiano son, por ejemplo, temperatura corporal, el metabolismo y el aprendizaje. Este reloj maestro es controlado por la presencia o ausencia de luz. Un mal control del ritmo se produce con el exceso de luz nocturna artificial, la liberación de melatonina se inhibe y esta hormona es necesaria para el sueño y el buen descanso.

#### 3.2.5. Deslumbramiento

Es un fenómeno que encuentra el observador, ya sea que le genere confusión o que no pueda distinguir temporalmente entre objetos. También puede ocurrir simultáneamente por ambas razones. Hay dos tipos de deslumbramiento, el primero denominado deslumbramiento molesto y el deslumbramiento perturbador.

Para el deslumbramiento molesto utilizamos un índice de control del deslumbramiento de "G".

Figura 7. Valores de deslumbramiento molesto.

G = 1	Deslumbramiento insoportable
G = 3	Deslumbramiento molesto
G = 5	Deslumbramiento apenas aceptable
G = 7	Deslumbramiento satisfactoriamente tolerable
G = 9	Deslumbramiento imperceptible

*Fuente: Norma Técnica DGE, 2003.*

Para el deslumbramiento perturbador, causa al observador una visión borrosa, con poca nitidez. Para este tipo de deslumbramiento el indicador se evalúa con el parámetro TI (incremento del umbral de percepción porcentual).

### 3.2.6. Derroche de energía derivados de la CL

El sobredimensionamiento de lámparas y el desaprovechamiento de estas generan el denominado derroche energético, pues no se aprovecha la energía como debería de ser.

Mientras este suceso se va dando, se van generando residuos contaminantes. Un estudio, como el presente trabajo, podrá disminuir los costes en exceso que genera la CL.

### 3.3. Conceptos generales sobre normativas de regulación en el alumbrado de vías públicas peruanas

#### 3.3.1. Vía y tramo de vía

Se considera vía al medio(s) utilizados por los vehículos y/o peatones para su traslado de un lugar a otro dentro de una ciudad, pudiendo ser esta una calle, avenida, pasaje, etc. Un tramo de vía incluye las intersecciones, cruces, puentes y túneles.

#### 3.3.2. Alumbrado público

Este término no es otra cosa que un servicio público a cargo de organismo estatal. Un servicio de alumbrado público involucra diferentes autores como: la empresa a cargo, los beneficiarios, las medidas de regulación, la obligatoriedad, entre otros conceptos. Las Empresas de Distribución Eléctrica (EDEs) son las instituciones encargadas de suministrar este servicio, pues así viene estipulado en el artículo 94° de la Ley de Concesiones Eléctricas, quienes además deben garantizar la operatividad, calidad y cobertura.

#### 1. Ley de Concesiones Eléctricas y Reglamento

Decreto de Ley N°25844 y Decreto Supremo N°009-93-EM, podemos encontrar en el Artículo n°34, lo siguiente:

Los distribuidores de energía eléctrica están obligados a:

“c) Garantizar la calidad del servicio que fije su contrato de concesión y las normas aplicables. (Ley de concesiones Eléctricas, 1992, p.13)”

Podemos encontrar en el Artículo 94, lo siguiente:

“La prestación del servicio de alumbrado público es de responsabilidad de los concesionarios de distribución, en lo que se refiere el alumbrado general de avenidas, calles y plazas [...]. En este caso deberán asumir igualmente los costos del consumo de energía, operación y mantenimiento (Ley de Concesiones Eléctricas, 1992, p.31).”

### 3.3.3. Resolución Ministerial N°460-2021-MINEM/DM

“Una Resolución Ministerial es una norma aprobada por un ministro de Estado respecto de las políticas nacionales y sectoriales a su cargo (Ministerios de Economía y Finanzas, 2023)”. En particular, referente a la RM N°460-2021-MINEM/DM, esta fue publicada el 15 de diciembre de 2021 a través del portal de El Peruano para su revisión y puesta en marcha. Su carácter es obligatorio pues está establecido en las funciones que señala la Dirección General de Electricidad, órgano de línea encargado de la formulación de esta política en el subsector Electricidad.

### 3.3.4. Proyecto de Norma DGE Resolución Ministerial

Un proyecto de Norma DGE Resolución Ministerial es un documento que antecede la emisión de una Resolución Ministerial, se realiza con el propósito de que los interesados analicen, evalúen, comparen y compartan sus opiniones antes de la publicación del documento final. Esta Resolución está a cargo de la autoridad competente con el amparo de las disposiciones legales vigentes.

### 3.3.5. Ley N°31316, Ley de Prevención y Control de La Contaminación Lumínica

Esta ley es bastante explícita en cuanto al tema de la prevención de la CL y sus efectos negativos en las vías urbanas y rurales del país. Se basa en el proyecto de RM y en la misma norma N°460-2021-MINEM/DM. Fue promulgado el 27 de julio de 2021 y desde entonces se ha puesto en vigencia las obligaciones, los actores y los beneficiarios, también los temas, subtemas para la comprensión de una problemática que hoy se considera latente y con mayor alcance que en los últimos años.

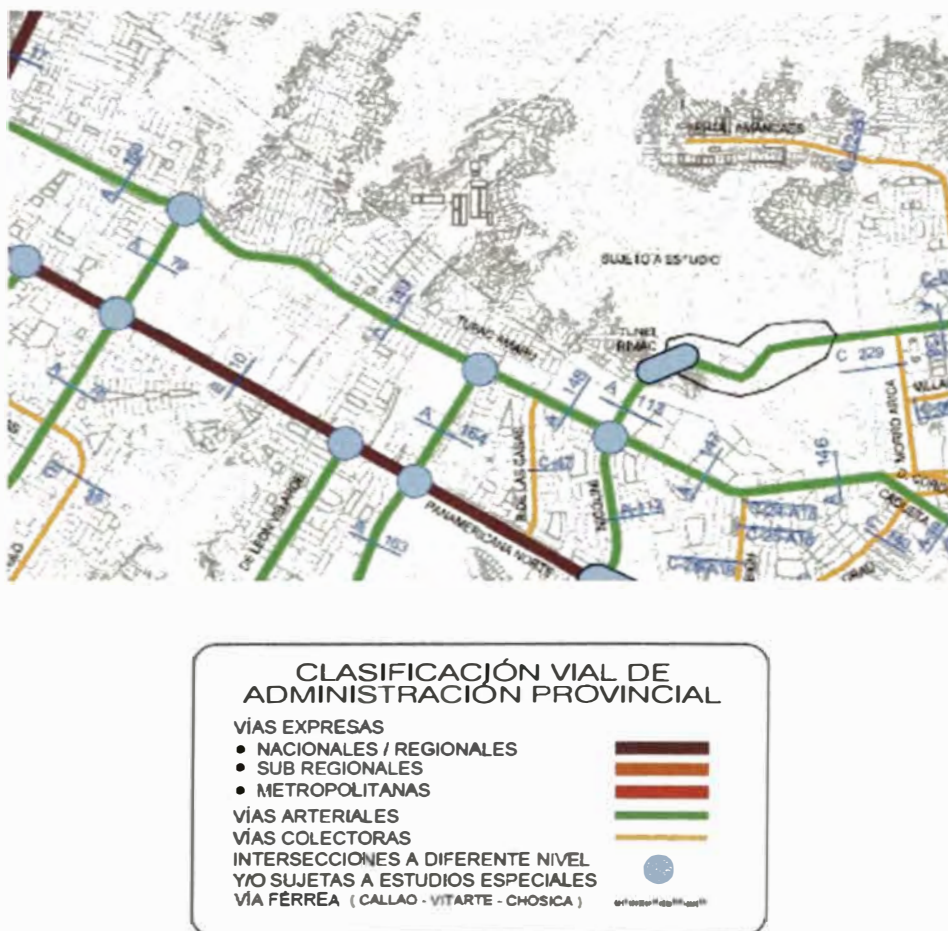
## 3.4. Conceptos generales sobre evaluación lumínica de vías arteriales

### 3.4.1. Vías arteriales

Para efectos prácticos en el entendimiento de una vía arterial, vamos a considerar que este tipo de vías son los tramos donde circulan volúmenes de vehículos a velocidades medias y tienen el objetivo de conformar ejes viales, dentro de una ciudad. Su meta es

realizar la circulación de paso directo. Tienen pista de servicio laterales, permiten tipos de vehículos, y se restringen los estacionamientos vehiculares. Se conectarán a las vías expresas principalmente.

Figura 8. Plano del Sistema Vial Metropolitano Vigente.



Fuente: Instituto Metropolitano de Planificación, Municipalidad de Lima.

### 3.4.2. Uniformidad media de iluminancia ( $U_m$ )

Relación de la iluminancia mínima y la iluminancia media de la calzada.

$$\text{Donde: } U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

### 3.4.3. Vano de análisis

Es el tramo donde se efectúa el trabajo de medición de valores, ya sean simuladas o medidas en campo. Es la parte de la vía comprendida entre dos puntos luminosos ubicados longitudinalmente.

### 3.4.4. Consideraciones mínimas para el diseño de alumbrado de vías arteriales

a) Una iluminación especial debe ser conectada a un suministro de energía; los costos de operación y mantenimiento serán de responsabilidad de la Entidad interesada.<sup>6</sup>

b) La instalación de alumbrado, debe cumplir lo indicado en el Código Nacional de Electricidad, Norma DGE "Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Redes Secundarias para Electrificación Rural".<sup>7</sup>

b.1.) Cumplir con la Norma IEC 60598 vigente y normas relacionadas para garantizar un correcto funcionamiento de las luminarias.

---

<sup>6</sup> Recuperado del Proyecto de Resolución Ministerial norma DGE.

<sup>7</sup> Recuperado del Proyecto de Resolución Ministerial norma DGE.



- b.2.) Las luminarias deben estar sustentadas por la INACAL o la ISO 17025 para garantizar su operación.**
- b.3) Las fuentes de luz deben cumplir NTP o indicados en la IEC. Para la luz LED deben cumplir la Certificación de Seguridad Fotobiológica indicada en la Norma IEC 62471.**
- c) Para el diseño del Alumbrado Público, se debe utilizar el factor de mantenimiento de instalación.**
- d) Al usar nuevas tecnologías en iluminación como luminarias LED, tele gestión u otros de mejor tecnología, estas deben cumplir con las Certificaciones de Entidades Acreditadas Internacionalmente.**
- e) El cálculo y la medición de iluminación para el alumbrado vial se debe realizar basado en la norma CIE 140-2000 vigente.**
- f) Para cumplir con los parámetros normados, no se deben exagerar con una sobre iluminación, deslumbramiento ya que estas van en contra de la eficiencia energética en alumbrado público.**

#### **3.4.5. Tipos de alumbrado según la clasificación vial**

Figura 9. Tipos de alumbrado según la clasificación vial.

Clasificación Vial	Tipo de Alumbrado	Función de la Vía	Características del tránsito y la vía
Express 1	!A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez</li> <li>- Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo vehicular ininterrumpido.</li> <li>- Cruces a desnivel.</li> <li>- No se permite estacionamiento.</li> <li>- Velocidad de circulación permitida (V) muy alta, <math>V &gt; 80</math> km/h.</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) muy importante, <math>D &gt; 1000</math> vehículos/hora.</li> <li>- No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal.</li> <li>- No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.</li> </ul>
Express 2	!B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flujo vehicular ininterrumpido</li> <li>- Cruces a desnivel</li> <li>- No se permite estacionamiento</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de circulación (V) alta <math>60 &lt; V \leq 80</math> km/h</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) importante <math>500 &lt; D \leq 1000</math> vehículos/hora.</li> <li>- No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal</li> <li>- No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial</li> </ul>
Arterial	II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez.</li> <li>- Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se permite estacionamiento</li> <li>- Velocidad de circulación (V) media, <math>40 &lt; V \leq 60</math> km/h, (predomina la velocidad hacia el valor mayor del rango)</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) media, <math>250 &lt; D \leq 500</math> vehículos/hora.</li> <li>- No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal.</li> <li>- Volumen importante de vehículos de transporte público</li> </ul>
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distintos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica.</li> <li>- Velocidad de circulación (V) media, <math>40 &lt; V \leq 60</math> km/h, (predomina la velocidad intermedia del rango)</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) media, <math>250 &lt; D \leq 500</math> vehículos/hora.</li> <li>- Tienen calzadas principales y no necesariamente tienen calzadas auxiliares.</li> <li>- Circulan vehículos de transporte público.</li> </ul>
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías que están ubicadas en uno o entre dos distintos.</li> <li>- Velocidad de circulación (V) reducida, <math>V \leq 40</math> km/h</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) reducida, <math>100 &lt; D \leq 250</math> vehículos/hora.</li> <li>- Tienen 1 o 2 calzadas principales, pero no tienen calzadas auxiliares.</li> <li>- Circulan vehículos de transporte público.</li> </ul>
Local Comercial	III	Permite acceso al comercio local	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de circulación (V) reducida, <math>V \leq 40</math> km/h</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) reducida, <math>100 &lt; D \leq 250</math> vehículos/hora.</li> <li>- Flujo peatonal importante o exclusivo.</li> </ul>
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías con calzadas pavimentadas, con o sin veredas continuas y flujo motonizado reducido</li> <li>- Velocidad de circulación (V) muy reducida, <math>V \leq 30</math> km/h</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) muy reducida, <math>D \leq 100</math> vehículos/hora.</li> </ul>

Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías con calzadas sin pavimento y flujo motorizado muy reducido o nulo.</li> <li>- Velocidad de circulación (V) muy reducida, <math>V \geq 20 \text{ km/h}</math>.</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) muy reducida, <math>D \leq 100 \text{ vehiculos/hora}</math>.</li> </ul>
Via Peatonal	VI	Permite acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tráfico exclusivamente peatonal.</li> <li>- Tránsito de ciclistas</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular motorizado nulo.</li> </ul>
Local Comercial-A	III-A	Permite acceso al comercio local.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de circulación (V) reducida, <math>V \leq 30 \text{ km/h}</math>.</li> <li>- Flujo peatonal importante o exclusivo.</li> </ul>
Local Residencial-1A	IV-A	Permite acceso a las viviendas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías con calzadas pavimentadas, con o sin veredas continuas y flujo motorizado reducido.</li> <li>- Velocidad de circulación (V) muy reducida, <math>V \leq 30 \text{ km/h}</math>.</li> </ul>
Local Residencial-2A	V-A	Permite acceso a las viviendas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vías con calzadas sin pavimento y flujo motorizado muy reducido o nulo.</li> <li>- Velocidad de circulación (V) muy reducida, <math>V \leq 20 \text{ km/h}</math>, prácticamente al paso.</li> </ul>
Via Peatonal A	VI-A	Permite acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tráfico exclusivamente peatonal.</li> <li>- Tránsito de ciclistas</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular motorizado nulo.</li> </ul>
Via Rural	VII-A	Permite acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal y vehicular.	Vías de tránsito peatonal y vehicular motorizado en zonas no urbanas, de baja densidad de usuarios de servicio público de electricidad.

Fuente: Proyecto de Resolución Ministerial norma DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos".

### 3.4.6. Requerimiento de parámetros lumínicos mantenidos en vías

Figura 10. Estándares lumínicos por tipo de alumbrado.

Clasificación Vial	Tipo de Alumbrado	Luminancia Media (cd/m <sup>2</sup> ) Superficie seca	Uniformidad General de Luminancia U <sub>g</sub>	Uniformidad Longitudinal de Luminancia U <sub>l</sub>	Iluminancia Media (lux)	Uniformidad Media de Luminancia U <sub>m</sub>	Incremento de Umbral TI (%)	Relación de entorno SR
Expresa 1	I A	2,0 - 2,7	≥ 0,4	≥ 0,7	40 - 55	≥ 0,55	≤ 10	≥ 0,5
Expresa 2	I B	1,75 - 2,4	≥ 0,4	≥ 0,7	35 - 50	≥ 0,50	≤ 10	≥ 0,5
Arterial	II	1,5 - 2,0	≥ 0,4	≥ 0,65	30 - 40	≥ 0,40	≤ 10	≥ 0,5
Colectora 1	II	1,5 - 2,0	≥ 0,4	≥ 0,65	30 - 40	≥ 0,40	≤ 10	≥ 0,5
Colectora 2	III	0,75 - 1,0	≥ 0,40	≥ 0,50	25 - 35	≥ 0,30	≤ 15	≥ 0,5
Local Comercial	III	0,75 - 1,0	≥ 0,40	≥ 0,50	25 - 35	≥ 0,30	≤ 15	≥ 0,5
Local Residencial 1	IV	0,5 - 0,7	≥ 0,35	≥ 0,45	10 - 15	≥ 0,25	≤ 15	≥ 0,5
Local Residencial 2	V	0,3 - 0,4	≥ 0,35	≥ 0,40	7,5 - 12	≥ 0,20	≤ 20	≥ 0,5
Vía Peatonal	VI	---	---	---	5 - 10	≥ 0,15	≤ 20	---
Local Comercial-A	III-A	---	---	---	8 - 15	≥ 0,30	≤ 20	≥ 0,5
Local Residencial - 1A	IV-A	---	---	---	4 - 8	≥ 0,15	≤ 25	≥ 0,5
Local Residencial- 2A	V-A	---	---	---	2 - 4	≥ 0,15	≤ 25	≥ 0,5
Vía Peatonal-A	VI-A	---	---	---	2 - 4	≥ 0,15	≤ 30	≥ 0,5
Vía Rural	VII	---	NA	NA	LUZ GUÍA	NA	NA	NA

Fuente: Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos"

Es importante mencionar que la norma sugiere que no se tienen limitantes en el uso de la tecnología pudiendo utilizar sistemas de iluminación de tecnología avanzada.

Además de enfatizar que nos aclara que conforme vayan cambiando la infraestructura vial, el alumbrado público de las mismas debe respetarse y cumplir con los estándares lumínicos de la presente norma.

### 3.4.7. Reglas Generales para el alumbrado público en vías arteriales

a) El alumbrado público artificial de las vías arteriales, entre las 00:00 y las 24:00 horas, debe ponerse en marcha cuando la iluminancia media de luz natural en la superficie sea de 10 lux aproximadamente y salir de operación cuando se alcancen los 30 lux aproximadamente.

b) La Empresa de Distribución Eléctrica (EDE) es la responsable de proveer este servicio, debe hacer respetar los estándares lumínicos establecidos en la norma.

c) La norma nos menciona que es totalmente viable poder controlar el alumbrado de las vías públicas para los tipos IA, IB y II (Arterial); para reducir los niveles a los inferiores inmediatos, este control se puede aplicar a partir de las 01:00 horas.

d) De manera extraordinaria nos menciona la preferencia por mantener uniformidad y la tecnología de las luminarias para una presentación más estética.

#### 3.4.8. Tipos de superficie de calzada

Figura 11. Tipos de superficie de calzada.

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto (R1)	Clara
Revestimiento de asfalto (R2)	Oscura
Revestimiento de asfalto (R3)	Oscura
Revestimiento de asfalto (R4)	Oscura
Superficies de tierra *	Clara

Fuente: Norma DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.

### 3.5. Conceptos generales sobre el método de las mediciones de alumbrado de vías arteriales

Según la norma se realizan las mediciones de alumbrado en los casos de mayor practicidad, cuando existen puestas en marcha de nuevos servicios o remodelaciones, cuando las autoridades fiscalicen (OSINERGMIN), o cuando la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos lo demande. Esta última acción corresponde a las actividades de rutina del servicio de alumbrado.

#### 3.5.1. Método para la medición de iluminancia en vías arteriales

Al realizar el procedimiento, evaluación y medición de los estándares lumínicos estaremos adentrándonos a los conceptos de la CIE 140-2000 "Road Lighting Calculation".

Entonces para verificar los estándares lumínicos en aplicación de la Norma Técnica de Calidad de las instalaciones con tipos de alumbrados IA, IB, II y III, haremos uso del método de medición de iluminancias de 15 puntos por vano.

a) A lo ancho: Se ubican tres puntos, se determina "d" al espaciamiento y se halla con la siguiente ecuación:  $d=C/3$ ; "d" es el espaciamiento entre puntos transversalmente (m) y A es el ancho del carril (m).

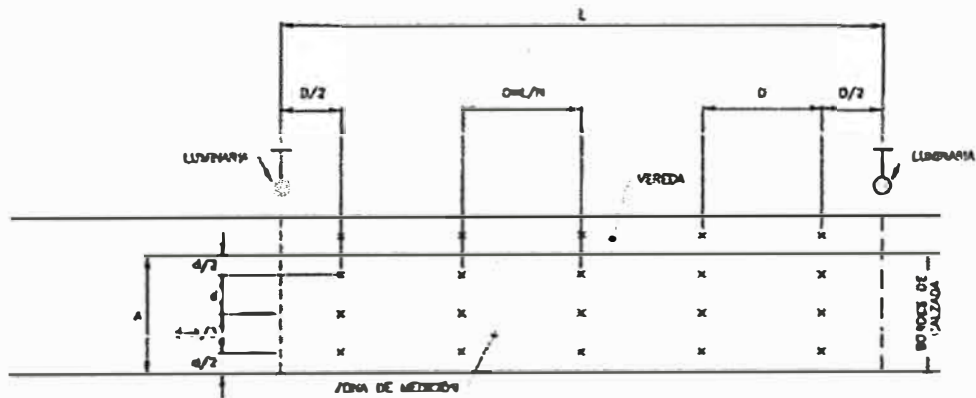
- Los puntos de medición más alejados se espacian  $d/2$  a partir de cada borde del carril materia de medición.

b) A lo largo: Se determina "D" ( $D=L/N$ ) al espaciamiento entre puntos en la dirección longitudinal (m), L es la separación entre luminarias en la misma fila (m) y N es el número de puntos de medición a lo largo.

- Para L menor igual a 40 m,  $N=5$ .
- Para L mayor a 40 m, N es el entero más pequeño tal que D menor igual a 6 m.

Para tener en cuenta, la primera fila de puntos se localizará a distancia igual a  $D/2$  de la primera luminaria.

Figura 12. Malla de medición de iluminancia para 15 puntos por vano.



X: Punto de medición de iluminancias, en las direcciones transversal y longitudinal

Fuente: Norma DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.



### 3.5.2. Condiciones de validez para una correcta medición

a) Geometría de las instalaciones: Los cálculos son correctos para las zonas que tengan la misma geometría

- Distancias entre puntos de luz,
- Altura de montaje de puntos de luz que intervienen,
- Ancho de calzada
- Dimensiones, medianas, etc.

b) Condiciones meteorológicas: Las exigencias de visibilidad son análogas para todas las condiciones, las mediciones se realizan sobre superficies secas de la calzada y pavimento limpio. Se tendrá una medición deficiente o con mucha afectación cuando la atmósfera no está completamente despejada de brumas o nieblas.

### 3.5.3. Equipos para la medición de iluminancia en vías arteriales

La norma en estudio y aplicación para este trabajo nos menciona que los instrumentos deben de tener una precisión no menor a dos por ciento (2%) para las mediciones de la iluminancia.

a) Luxómetro: Es un instrumento utilizado en medidas de iluminancia, posee dos sistemas ópticos: uno de dirección y otro de medición. El sistema de dirección es el que permite orientar el instrumento para que coincida con el punto a medir. El sistema de medición posee una lente por la cual accede a la intensidad luminosa y un sensor que reacciona ante esa intensidad.

Figura 13. Equipo Luxómetro.



*Fuente: Imágenes de internet, autor desconocido.*

- b) Fotómetro SQM (Sky Quality Meter): Este instrumento se utiliza para obtener la calidad del cielo nocturno de un determinado lugar. El instrumento cuenta con un filtro infrarrojo que proporciona resultados en unidades de magnitudes por segundo de arco al cuadrado ( $\text{mag}/\text{arcseg}^2$ ).

Figura 14. Equipo Fotómetro SQM.



*Fuente: Imágenes de internet, autor desconocido.*

#### 3.5.4. Personal calificado para la medición de iluminancia en vías arteriales

a) Ingeniero Proyectista: Se denomina ingeniero proyectista a aquel profesional que cuente con estudios concluidos en Ingeniería Eléctrica o Mecánica y Eléctrica, habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. Debe ser un profesional capacitado y especializado en la materia que actúa a título personal o en representación de una empresa quien es responsable de la elaboración del proyecto encargado.

#### 3.5.5. Nuevas tecnologías para la iluminación en vías arteriales

Las lámparas convencionales de vapor de sodio de alta presión se usaron muchas veces para el alumbrado público de vías nacionales, y que hoy están quedando rezagadas por las nuevas tecnologías debido a sus mejores resultados en cuanto a visión confortable, agudeza visual, rapidez de percepción y sobre todo a la capacidad de visibilidad de los conductores y peatones en calles, calzadas, ejes viales, vías primarias, carreteras, bulevares y autopistas.

a) Lámpara LED: Las lámparas tipo LED incorporan uno o más paquetes, o también denominados módulos LED.

b) LED (Diodo emisor de luz): Se reconoce a una LED como un dispositivo de estado sólido y que emite radiación óptica, es decir

luz, cuando es excitado por la corriente eléctrica. El término LED proviene del acrónimo inglés "Light Emitting Diode" cuya traducción es diodo emisor de luz. Consiste en un chip de material semiconductor dopado (proceso por el cual el silicio pasa de forma aislante a conductor mediante la mezcla con otros elementos) con impurezas creando enlaces tipo PN. Tenga en cuenta que el LED tiene un polo (ánodo y cátodo) y su función sería única si el tuviera polarización directa. Cabe señalar que la electroluminiscencia ocurrirá cuando se aplica una diferencia de potencial a través de sus terminales y de esta manera las cargas negativas (electrones) y las cargas positivas (huecos) son atraídas a la región de coherencia donde procesos de coherencia liberan energía en forma de fotones.

Figura 15. Lámparas con luminarias LED para alumbrado público.

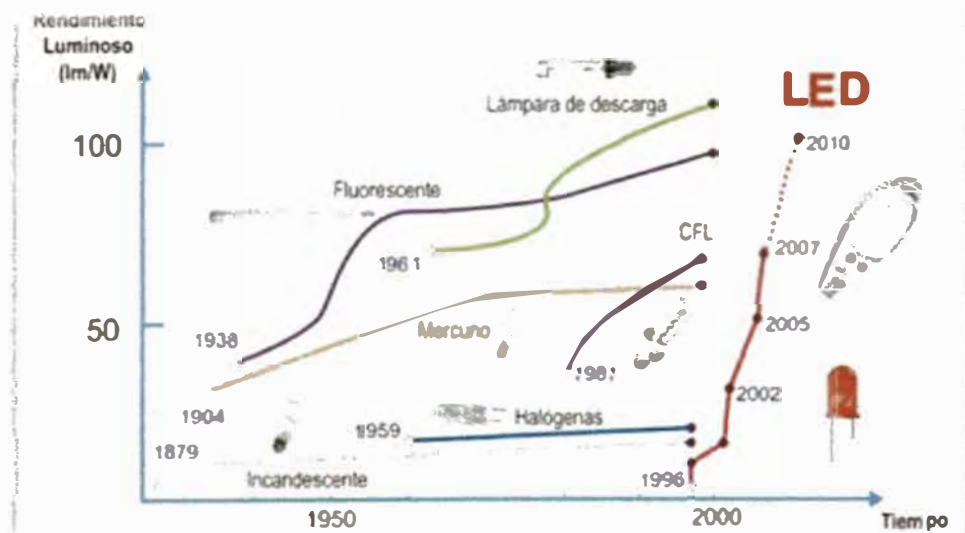


*Fuente: Imágenes de internet, autor desconocido.*

Comparación de la tecnología LED frente a las tecnologías convencionales: La tecnología LED tiene enormes ventajas frente a las tecnologías convencionales, porque esta tecnología se va innovando ya que involucra muchos campos en su aplicación, como

por ejemplo: la reducción de la huella de carbono, eficiencia energética y, por supuesto, la reducción de la contaminación lumínica; mientras que las tecnologías convencionales no muestran avances significativos, en la siguiente figura vamos a poder apreciar las ventajas previamente comentadas (mayor información sobre comparativa de tecnologías, ver anexos).

Figura 16. Evolución de la tecnología LED frente a las convencionales.



Fuente: Web Osinergmin, 2013.

### 3.5.6. Uso de la telegestión en la iluminación de vías

El concepto de cambiar las luminarias convencionales por las luminarias LED es una idea que se debe complementar con el uso de la telegestión del alumbrado público de vías, de esta manera se consigue con mayor eficiencia el ahorro energético deseado. Las

empresas de distribución deben implementar, de manera fundamental, el uso de telegestión para sus futuros proyectos.

Las luminarias LED cuentan con un socket NEMA que permite acoplarse a la telegestión, esto no es nada menos que el uso de una red inteligente para controlar los niveles y los horarios de iluminación de las vías en el Perú. Este equipo recopila información de los parámetros de iluminación de cada luminaria LED y envía, de manera remota, a un concentrador de datos ubicada a kilómetros de ellas.

La arquitectura de la comunicación con este concentrador principal en los sistemas de telegestión de alumbrado público, se va armando de diferentes tipos, la diferencia está en la cantidad de los equipos de comunicación (antenas, concentradores, repetidores, entre otros). Los sistemas masivos como el Access Point, es un gran concentrador de hasta 5 a 10km de capacidad de comunicación hasta 20000 luminarias a la vez. Los resultados son los ahorros en mantenimiento de toda la red actual de la iluminación, la disminución de los derroches energéticos y la mitigación de la contaminación lumínica.

### **3.6. Conceptos generales del programa de simulación Dialux Evo para la iluminación de vías arteriales**

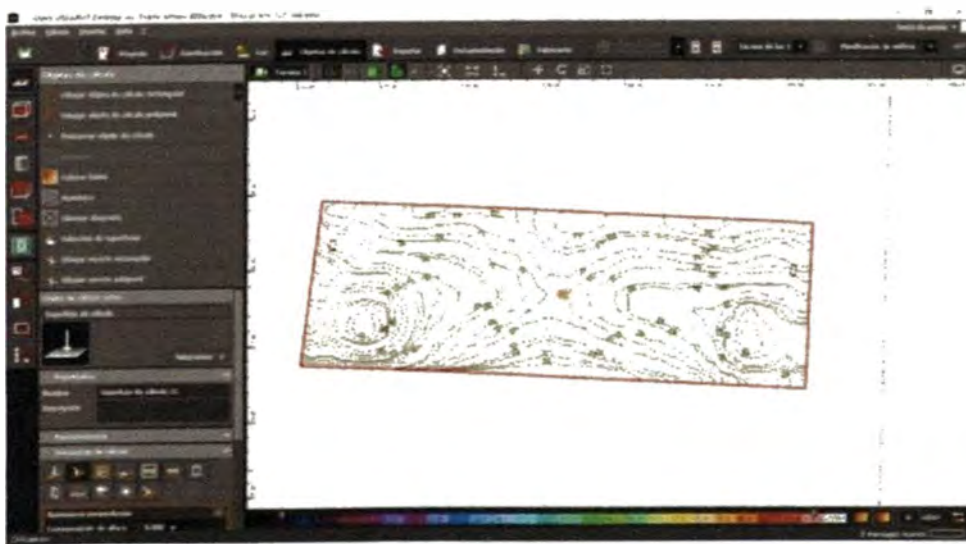
#### **3.6.1. Parámetros generales del software Dialux Evo**

El Dialux Evo es un software libre, diseñado para la creación de proyectos de iluminación. Permite documentar los resultados obtenidos por medio de visualizaciones fotorrealistas, e incluye librerías de todos los fabricantes líderes a nivel mundial.

### Ventajas del Dialux EVO

- Amplia biblioteca de mobiliario.
- Posibilidad de crear materiales y texturas.
- Tiene acceso a las luminarias colgadas en internet (normativas nacionales o internacionales).
- imágenes finales de mayor calidad sin olvidar que es un programa de cálculo lumínico, no de renderizado.
- Realizar cálculos lumínicos de vías muy precisos.
- Cálculo del ahorro energético de las luminarias seleccionadas.

Figura 17. Interfaz del software Dialux Evo.



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.2. Características del software Dialux Evo

Dialux Evo mantiene características especiales que lo diferencian de sus anteriores versiones, estas por ejemplo son:

- Cálculos en edificios enteros.
- Cálculos en espacios simples.
- Interacción entre escenas interiores y exteriores.
- Iluminación de la calzada.
- Consideraciones de la luz natural.
- Sistemas de control de la luz natural.

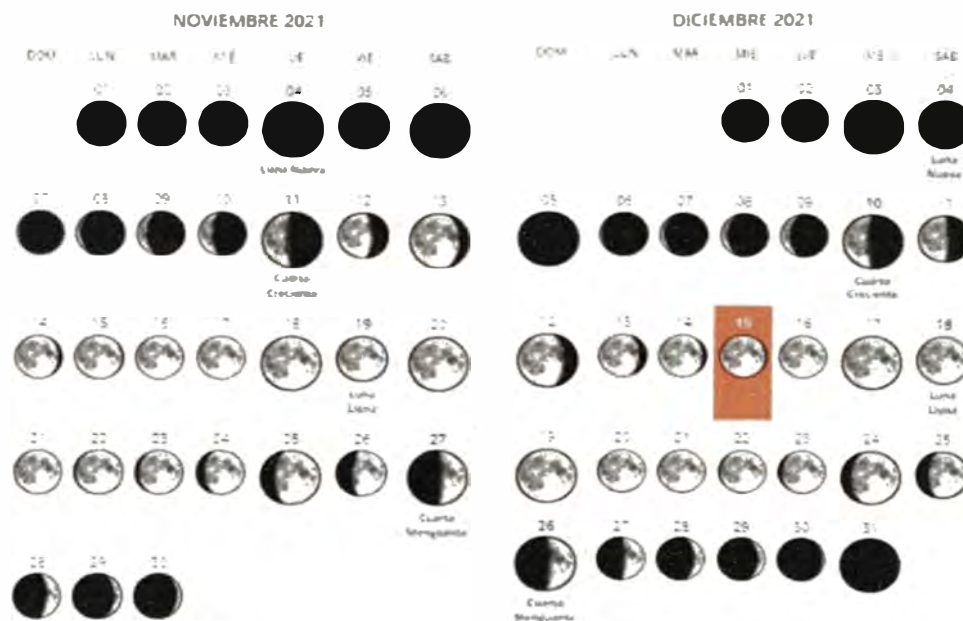
## 3.7. Conceptos generales la medición de la calidad del cielo nocturno

### 3.7.1. Consideraciones para una buena medición del cielo nocturno a través del SQM

Para que las medidas obtenidas de la calidad del cielo nocturno sean válidas, es necesario salir a medir durante el periodo nocturno o noche astronómica según el calendario lunar, estos intervalos de mayor oscuridad sin la presencia de la luz lunar es la óptima para las mediciones del SQM.



**Figura 19.** Calendario lunar de los meses de noviembre y diciembre del 2021.



*Fuente: Imágenes de internet. Recuperado de: [www.caledarr.com/peru/calendario-lunar-2021](http://www.caledarr.com/peru/calendario-lunar-2021).*

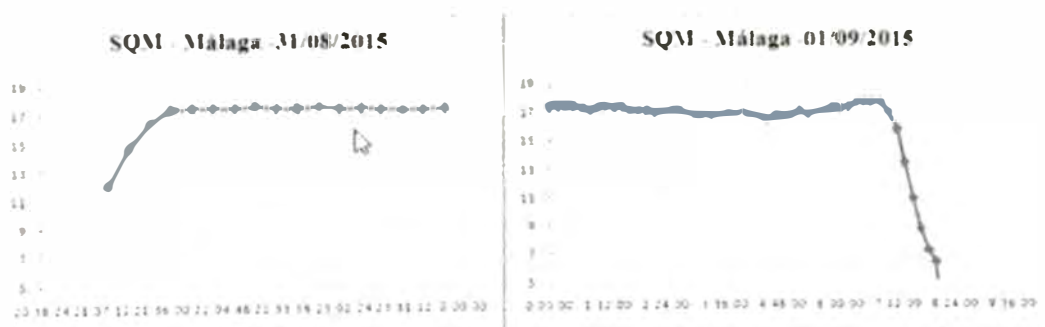
Entre otras consideraciones que algunos autores han validado en sus investigaciones, como, por ejemplo: Xavier Ges en su proyecto “Sistema de medición de la calidad del cielo nocturno en ecosistemas de aguas costeras”, vienen dadas a continuación:

- Cielo despejado: Ausencia de nubes bajas, medias y altas.
- Estado del mar (en caso las zonas de medición se encuentren cercanas la costa).
- Fuerza del viento.

Bajo este concepto, las fechas indicadas para una buena medición de la calidad del cielo nocturno serán los intervalos del 1 al

6 de diciembre como un ejemplo práctico. Es recomendable, además, un lapso de mínimo dos horas entre las 22:00 y las 00:00 horas (algunos autores consideran lapsos de 11 horas, entre las 21:00 a 8:00 am, para que la curva característica se vea con mayor claridad). Los intervalos de la medición se pueden programar en cada equipo utilizado.

Figura 19. Curvas características de medición del cielo nocturno, en las mediciones SQM. Málaga, 2015.



Fuente: *Medida y evaluación de la CL en entornos urbanos, 2015.*

### 3.7.2. Calificación de la calidad del cielo nocturno

Figura 20. Calificación de la calidad del cielo nocturno.

Calificación	Medida [mag/arsec <sup>2</sup> ]	Visibilidad Vía Láctea	Nº estrellas Observables	Color
Excelente	>21,40	potente	>5.000	
Muy buena	21,00 – 21,39	Si	3.000 – 5.000	
Buena	20,00 – 20,99	Si	1.000 – 3.000	
Moderada	19,00 – 19,99	A veces	500 – 1.000	
Baja	18,00 – 18,99	No	200 – 500	
Deficiente	17,50 – 17,99	No	50 – 200	
Muy deficiente	< 17,50	No	< 50	

*Fuente: Consellería de Medio Ambiente, Xunta de Galicia, 2021.*

### 3.8. Marco conceptual

La presente tesis contempla el uso de los siguientes marcos conceptuales:

- a) Longitud de onda. - Es la distancia de cresta a cresta o de valle a valle de una onda electromagnética que hace posible visualizar la luz.
- b) Iluminancia. - Es el concepto utilizado en la determinación de luxes emitidos por una superficie iluminada.
- c) Reflectancia. - Es la relación entre el objeto emisor de luz y la superficie iluminada.
- d) Ciclo circadiano. - Es el reloj biológico de los seres vivos para regular las actividades en concordancia con la iluminación de un espacio.

- e) **Vano.** - Es un tramo físico y determinado para la evaluación de iluminación.
- f) **Seguridad fotobiológica.** - Este concepto indica el cumplimiento de la iluminación en entornos biológicos.
- g) **Telegestión.** - Es un proceso de hacer las cosas desde un centro alejado del punto de aplicación.
- h) **Redes inteligentes.** - Son las redes eléctricas que conservan la información y la transmiten a un centro de operación.
- i) **Software de simulación lumínica.** - DIALux Evo.

## CAPÍTULO IV

### DESARROLLO DE LA TESIS

#### 4.1. Diagnóstico del estado situacional del diseño de iluminación

##### 4.1.1. Clasificación del tipo de alumbrado de la zona de estudio según norma

Como se evidenció anteriormente, la Norma Técnica DGE nos presenta un escenario con catorce (14) tipos de alumbrado según la clasificación vial, estos son: IA, IB, II, II\*, III, III\*\*, IV, V, VI, III-A, IV-A, V-A, VI-A y VII-A. Para realizar este proyecto, al igual que la Empresa de Distribución Eléctrica (EDE) correspondiente, debemos clasificar a la Av. Tupac Amaru, entre los tramos o vanos de la puerta N°3 y puerta N°4 como una vía arterial (II), esto no solo por las consideraciones previas de la municipalidad de Lima, sino también por las características de esta, evidenciadas en la siguiente figura. <sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Recuperado de Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos". Capítulo II, Tipos de Alumbrado.

Figura 21. Tipos de alumbrado según la clasificación vial

Clasificación Vial	Tipo de Alumbrado	Función de la Vía	Características del tránsito y la vía
Arterial	n	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez.</li> <li>- Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se permite estacionamiento</li> <li>- Velocidad de circulación (V) media, <math>40 &lt; V \leq 60</math> km/h, (predomina la velocidad hacia el valor mayor del rango)</li> <li>- Densidad de tránsito vehicular (D) media, <math>250 &lt; D \leq 500</math> vehículos/hora</li> <li>- No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal.</li> <li>- Volumen importante de vehículos de transporte público.</li> </ul>

Fuente: Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.

Las características que podemos ver en la Tabla 5.1 nos dan la información necesaria para modelar, a partir de ella, un diseño adecuado siempre y cuando podamos cumplir con lo establecido en los objetivos. Es importante resaltar que las características no necesariamente se cumplan a cabalidad en la actualidad, por ejemplo, en número de vehículos que transitan por esta vía, pueden estar en un rango del 20% por debajo o por encima.

#### 4.1.2. Características de velocidad y densidad vehicular para la clasificación vial y tipo de alumbrado en la zona de estudio

Con lo mencionado anteriormente, sabemos que la zona de estudio tiene un importante flujo vehicular, esto es determinante para saber cuándo y cómo realizar las mediciones en campo. Pero es indispensable al igual, saber el rango de velocidades y la densidad

para observar su influencia en el estudio, en base a esto, tenemos la siguiente tabla.<sup>9</sup>

Figura 22. Características de velocidad y densidad vehicular en la zona de estudio.

Clasificación Vial	Velocidad de Circulación (V) (km/h)		Densidad de tránsito vehicular (D) (Vehiculos/h)		Tipo de Alumbrado
Expresa 1	Muy alta	$V > 80$	Muy importante	$D > 1000$	I(A)
Expresa 2	Alta	$60 < V \leq 80$	Importante	$500 < D < 1000$	I(B)
Arterial	Media	$40 < V \leq 60$	Media	$250 < D < 500$	II
Colectora 1	Media	$40 < V \leq 60$	Media	$250 < D < 500$	II
Colectora 2	Reducida	$V \leq 40$	Reducida	$100 < D < 250$	III
Local Comercial	Reducida	$V \leq 40$	Reducida	$100 < D < 250$	III
Local Residencial 1	Muy reducida	$V \leq 30$	Muy reducida	$D < 100$	IV
Local Residencial 2	Muy reducida	$V \leq 20$	Muy reducida	$D < 100$	V
Via Peatonal	—	Al paso	Nulo	—	VI

Fuente: Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.

Según el ámbito de aplicación del alumbrado público en vías nacionales y regionales, se deben iluminar las vías arteriales en todo su recorrido.

#### 4.1.3. Estándares de calidad del Alumbrado Público en la zona de estudio

Este apartado nos brinda información acerca de las condiciones mínimas que el alumbrado de la zona debe cumplir, por lo tanto, identificaremos los requerimientos de los parámetros lumínicos

<sup>9</sup> Recuperado de Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Público". Capítulo II, Características de velocidad y densidad.

mantenidos en vías en el lugar donde realizaremos el estudio, y estas viene dadas por la siguiente tabla.<sup>10</sup>

Figura 23. Estándares lumínicos por tipo de alumbrado.

Clasificación Vial	Tipo de Alumbrado	Luminancia Media (cd/m <sup>2</sup> ) Superficie seca	Uniformidad General de Luminancia U <sub>g</sub>	Uniformidad Longitudinal de Luminancia U <sub>l</sub>	Iluminancia Media (lux)	Uniformidad Media de Iluminancia U <sub>m</sub>	Incremento de Umbral TI (%)	Relación de entorno SR
Expresa 1	I A	2,0 - 2,7	≥ 0,4	≥ 0,7	40 - 55	≥ 0,55	≤ 10	≥ 0,5
Expresa 2	I B	1,75 - 2,4	≥ 0,4	≥ 0,7	35 - 50	≥ 0,50	≤ 10	≥ 0,5
Arterial	II	1,5 - 2,0	≥ 0,4	≥ 0,65	30 - 40	≥ 0,40	≤ 10	≥ 0,5
Colectora 1	II	1,5 - 2,0	≥ 0,4	≥ 0,65	30 - 40	≥ 0,40	≤ 10	≥ 0,5
Colectora 2	III	0,75 - 1,0	≥ 0,40	≥ 0,50	25 - 35	≥ 0,30	≤ 15	≥ 0,5
Local Comercial	III	0,75 - 1,0	≥ 0,40	≥ 0,50	25 - 35	≥ 0,30	≤ 15	≥ 0,5
Local Residencial 1	IV	0,5 - 0,7	≥ 0,35	≥ 0,45	10 - 15	≥ 0,25	≤ 15	≥ 0,5
Local Residencial 2	V	0,3 - 0,4	≥ 0,35	≥ 0,40	7,5 - 12	≥ 0,20	≤ 20	≥ 0,5
Vía Peatonal	VI	---	---	---	5 - 10	≥ 0,15	≤ 20	---
Local Comercial-A	III-A	---	---	---	8 - 15	≥ 0,30	≤ 20	≥ 0,5
Local Residencial-1A	IV-A	---	---	---	4 - 8	≥ 0,15	≤ 25	≥ 0,5
Local Residencial-2A	V-A	---	---	---	2 - 4	≥ 0,15	≤ 25	≥ 0,5
Vía Peatonal-A	VI-A	---	---	---	2 - 4	≥ 0,15	≤ 30	≥ 0,5
Vía Rural	VII	---	NA	NA	LUZ GUÍA	NA	NA	NA

Fuente: Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.

Los requerimientos de la norma para las nuevas vías, nos menciona que en las mediciones de iluminancia se debe considerar el valor medido multiplicado por el factor de mantenimiento, en este caso, cumplir con la Tabla 5.3.

<sup>10</sup> Recuperado de Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos". Capítulo III, estándares Lumínicos por tipo de Alumbrado.



Figura 24. Identificación de los parámetros lumínicos en los vanos de estudio.

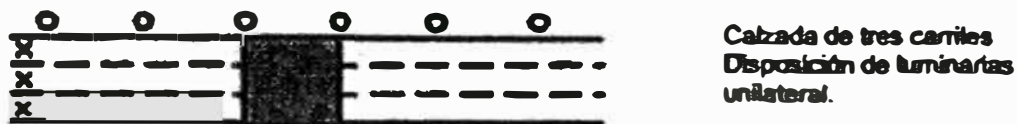


*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.1.4. Posición del observador para la obtención de datos según la norma

Los requerimientos de la norma para la toma de datos nos mencionan un parámetro importante, que viene hacer la posición del observador. Para colocar el trípode en este punto, vamos a colocar una plomada en el borde del luminancímetro (luxómetro) y hacer coincidir con el punto marcado. Podemos observar la posición gráfica en la figura 24.

Figura 25. Identificación de los estándares lumínicos en los vanos de estudio.



Fuente: Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos", 2021.

x es la posición del observador y ■ es la zona de medición.

Para la señalización de los puntos:

- La señalización de los puntos marcados se realiza alumbrando con una linterna el punto a medir.
- Enfocado el punto se debe apagar la linterna, y se procede a tomar la lectura con el luxómetro.
- Es recomendable que un asistente tome los apuntes en un cuaderno para corroborar con los datos del equipo.
- Antes de comenzar con la primera medición, se debe calibrar de acuerdo con su manual de funcionamiento.
- Tener cuidado de la sombra de la persona encargada, pues esta altera los datos.
- Durante la medición la persona a cargo debe focalizar el punto con la mayor precisión para evitar errores.

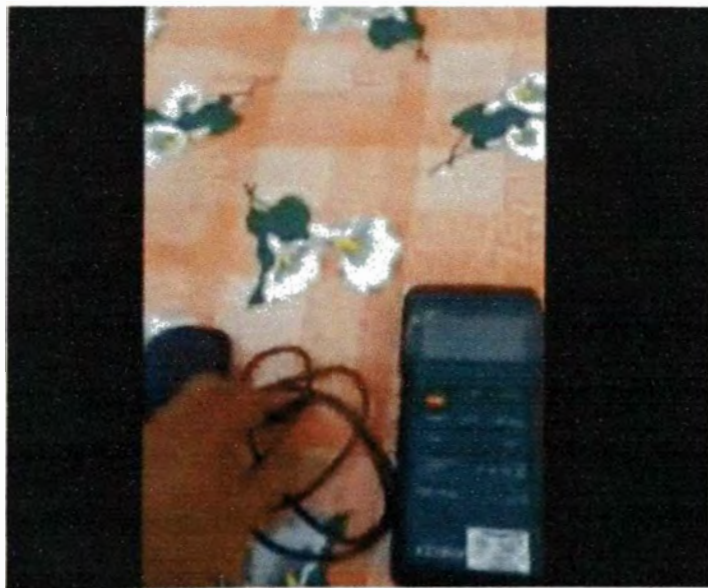
4.1.5. Preparación y toma de datos con el Luxómetro para la medición de la iluminancia según la norma

## Recopilación de la información

Hacemos uso de las recomendaciones de la Norma Técnica DGE “Alumbrado Vías y Espacios Públicos” nacional y la norma internacional CIE 140-2000 “Cálculos de iluminación para vías públicas”.

- a) Reconocimiento de los componentes del luxómetro digital EXTECH. (Ver manual en anexos)

Figura 26. Calibración orientada por el técnico a cargo.



*Fuente: Elaboración propia.*

Las entradas de anclaje (input & output) del equipo y los cables del sensor se pueden reconocer en la parte inferior del equipo, esta salida sirve para la recolección de información en la computadora.

Figura 27. Entradas y salidas del luxómetro digital EXTECH.



*Fuente: Elaboración propia.*

#### b) Consideraciones de uso del equipo luxómetro digital EXTECH

Para las mediciones estáticas de una zona de trabajo se debe considerar usar el equipo con su soporte trasero para mantener en equilibrio el sensor.

Para las mediciones dinámicas, simplemente se debe llevar el equipo con sumo cuidado en la mano y ayudado por otra persona, los apuntes del sensor que va a realizar la toma de los datos requeridos.

- Botón Power: Encendido del equipo que por default debe marcar un valor inicial 0 lux.
- Botón Record: Nos brinda los datos en los puntos elegidos, con valores mínimos, máximos y promedio.  
Tiempo recomendado de grabación 1 min.

- Botón Recall: Nos muestra los resultados obtenidos de la grabación de datos, tanto para el valor mínimo, máximo y el promedio.
- Botón Light Source: Para cambiar el tipo de medición que se requiere analizar, tipos de luminarias de tungsteno, day light, fluorescentes, sodio y mercurio.
- Botón Range: Para cambiar los rangos de medición a escalas de 10,  $10^2$  y  $10^3$  luxes.
- Botón Zero: Para ajustar los valores obtenidos a predeterminados o ceros de la medición.

Figura 28. Capacitación realizada por el técnico a cargo.



*Fuente: Elaboración propia.*

### c) Pruebas de medición

Las pruebas antes de la medición del equipo resultan fundamentales para observar que el equipo se encuentre 100%

funcional, para cada una de las distintas mediciones se recomienda tapar el sensor y llegar al valor cero de la medición.

Figura 29. Pruebas de medición realizada por el técnico del equipo.



*Fuente: Elaboración propia.*

Resultados de la medida y obtención de datos de iluminancia en  
la Av. Tupac Amaru

a) Mediciones en el primer carril de la vía arterial

Tabla 2. Toma de datos en el primer carril de la vía arterial.

Medidas en el primer carril (Lux)				
N° de poste	Vereda	A (Áncho del carril, m)		
		A/10	A/2	9A/10
1	161	193	220	232
Pta.3	138	152	209	190
	119	125	155	125
	82	86	104	90
2	58	64	82	79
	92	110	143	147
	80	88	121	110
	52	55	68	55
3	23	24	29	25
	22	42	62	52
	66	79	103	106
	46	51	70	63
	28	29	36	29
4	15	16	19	16
	76	84	107	104
	145	174	216	175
	61	67	92	84
	32	34	42	34
	65	68	82	71

	153	168	195	160
5	168	202	215	180
	142	156	186	155
	112	118	146	118
	77	81	98	84
	52	57	73	71
6	75	90	117	120
	39	43	59	54
	17	18	22	18
	13	14	16	14
	30	33	42	41
7	61	73	95	98
	22	24	33	30
	12	13	16	13
	14	15	18	15
	49	54	69	67
8	85	102	132	136
	27	30	41	37
	6	6	8	6
	17	18	22	19
	45	50	63	61
9	95	114	140	162
	75	83	105	111
	103	108	126	129
	108	113	124	127
	140	154	189	202
10	205	246	290	347
	194	213	269	300



	202	212	254	295
	200	210	256	301
Pta.4	202	222	260	307
11	No considerado			

*Fuente: Elaboración propia a través de la exportación de datos del Luxómetro EXTECH.*

b) Mediciones en el segundo carril de la vía arterial

Tabla 3. Toma de datos en el segundo carril de la vía arterial.

Medidas segundo carril (Lux)				
A				
9A/10	A/2	A/10	Vereda	N° de poste
No se considera				23
62	89	95	86	Frente a Pta.3
69	52	60	57	
39	50	61	58	
62	89	95	86	
91	141	134	112	22
64	91	97	88	
70	100	116	110	
99	127	155	148	
118	168	178	162	
113	175	167	139	21
70	99	106	96	
71	92	106	101	
123	158	192	183	

112	159	169	154	
124	192	182	152	20
84	120	128	116	
72	55	63	60	
32	40	49	47	
61	87	92	84	
96	149	142	118	19
83	118	125	114	
73	132	151	144	
64	82	100	95	
73	103	110	100	
113	174	166	138	18
68	97	103	94	
74	33	38	36	
30	38	46	44	
70	99	106	96	
122	188	179	149	17
98	140	149	135	
75	124	143	136	
54	70	85	81	
86	123	131	119	
149	229	218	182	16
113	161	172	156	
76	79	90	86	
62	79	97	92	
99	141	150	136	
167	258	246	205	15
192	202	178	162	

128	134	112	107	
126	119	100	95	
262	249	231	210	
350	365	372	310	14
343	337	308	280	
274	303	268	255	
170	197	171	163	
223	212	176	160	Frente a Pta.4
221	247	222	185	13

*Fuente: Elaboración propia a través de la exportación de datos del Luxómetro EXTECH.*

#### 4.1.6. Interpretación de los resultados obtenidos en campo con el Luxómetro EXTECH-407026

##### a) Iluminación promedio ( $\bar{E}$ ) en las mediciones del primer carril

Hacemos uso de los cálculos brindados por la NTP; la cual nos indica que la iluminación promedio se calcula a través de la fórmula:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \dots (1)$$

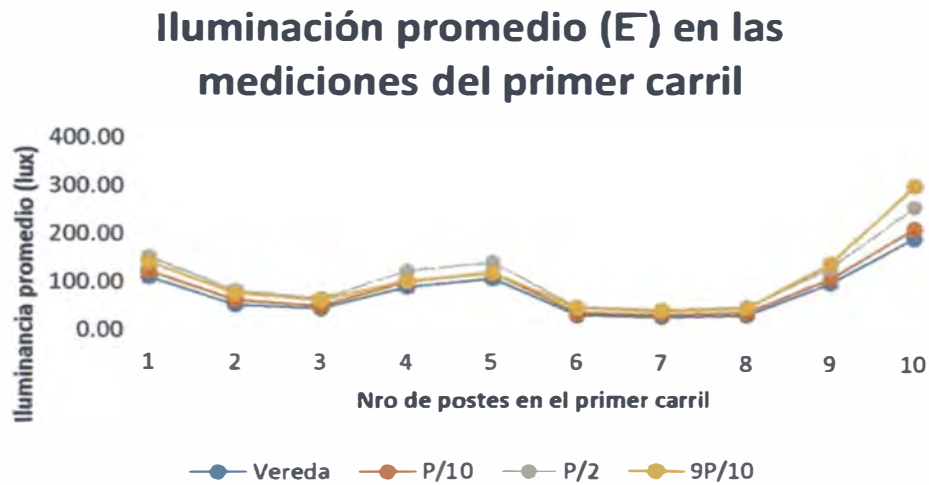
Por tanto, de los cálculos en el Excel con la Ecuación 1, obtenemos:

Tabla 4. Iluminación promedio en el primer carril.

Iluminación promedio ( $\bar{E}$ ) en las mediciones del primer carril (luxes)					Iluminación promedio Total
		Ancho de la pista (A)			
N° de Poste	Vereda	A/10	A/2	9A/10	
1	111.60	123.97	153.87	143.10	133.14
2	53.80	63.83	84.60	77.81	70.01
3	46.20	51.71	66.95	63.66	57.13
4	91.20	102.25	125.48	104.71	105.91
5	110.20	122.69	143.55	121.55	124.50
6	34.80	39.48	51.30	49.32	43.73
7	31.60	35.72	46.11	44.52	39.49
8	36.00	41.07	53.16	51.88	45.53
9	104.20	114.41	136.70	146.28	125.40
10	200.60	220.74	265.74	310.08	249.29
11	No se considera, según Norma DGE.				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Iluminación promedio vs nro. de postes en el primer carril.



Fuente: Elaboración propia.

#### a.1.) Relación de entorno en el primer carril

Haremos uso de la fórmula recomendada por la NTP, la cual nos indica la siguiente fórmula:

$$SR = \frac{\bar{E}_{vi}}{\bar{E}_{ci}} \dots (2)$$

Donde:

$\bar{E}_{vi}$  = Iluminación promedio de las veredas.

$\bar{E}_{ci}$  = Iluminación promedio de la mitad del carril adyacente.

Por lo tanto, de la Ecuación 2 obtenemos:

$$SR = \frac{82.02}{91.59} = 0.89$$

a.2.) Cálculo de la uniformidad media de iluminación

Haremos uso de la siguiente fórmula:

$$U_m = \frac{\bar{E}_{mfn}}{\bar{E}_{med}} \dots (3)$$

Donde:

$\bar{E}_{mfn}$  = Iluminancia mínima de la calzada.

$\bar{E}_{med}$  = Iluminancia media de la calzada.

Por lo tanto, de la Ecuación 3 obtenemos:

$$U_m = \frac{35.72}{105.20} = 0.33$$

b) Iluminación promedio ( $\bar{E}$ ) en las mediciones del segundo carril promedio

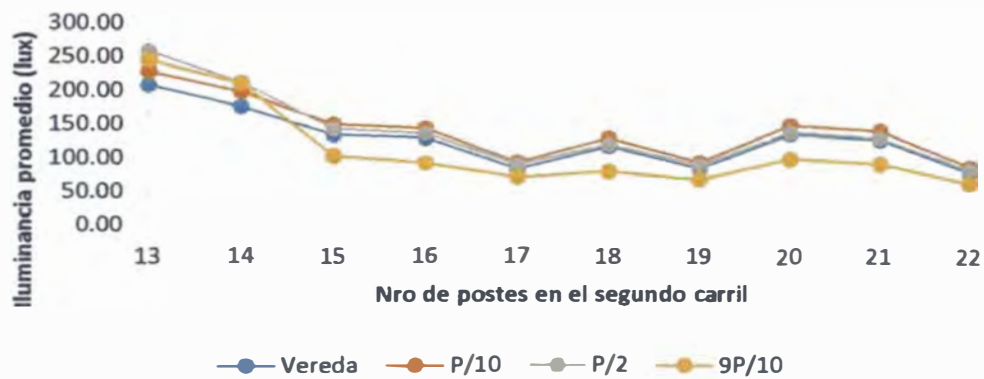
Tabla 6. Iluminación promedio en el segundo carril.

Iluminación promedio ( $\bar{E}$ ) en las mediciones del segundo carril (luxes)					Iluminación promedio Total
		Ancho de la pista (A)			
N° de Poste	Vereda	A/10	A/2	9A/10	
13	208.60	228.98	259.52	246.03	235.78
14	176.80	198.66	213.47	211.49	200.10
15	135.00	150.82	143.60	103.42	133.21
16	130.60	145.13	137.19	92.47	126.35
17	83.80	94.36	90.99	72.62	85.44
18	118.20	130.39	121.70	80.96	112.81
19	85.00	94.79	90.15	69.01	84.74
20	137.20	151.12	139.97	99.90	132.05
21	129.40	142.54	132.31	92.88	124.28
22	79.80	88.87	84.20	64.85	79.43
23	No se considera, según Norma DGE.				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Iluminación promedio vs nro. de postes en el segundo carril.

### Iluminación promedio ( $\bar{E}$ ) en las mediciones del segundo carril



Fuente: Elaboración propia.

#### b.1.) Relación de entorno en el primer carril

Haremos uso de la fórmula recomendada por la Norma Técnica Peruana 2021, la cual nos indica la siguiente fórmula:

$$SR = \frac{\bar{E}_{vi}}{\bar{E}_{ci}} \dots (4)$$

Donde:

$\bar{E}_{vi}$  = Iluminación promedio de las veredas.

$\bar{E}_{ci}$  = Iluminación promedio de la mitad del carril adyacente.

Por lo tanto, de la Ecuación 4 obtenemos:

$$SR = \frac{128.44}{138.96} = 0.92$$



**b.2.) Cálculo de la uniformidad media de iluminación**

Haremos uso de la siguiente fórmula:

$$U_m = \frac{E_{mfn}}{\bar{E}_{med}} \dots (5)$$

Donde:

$\bar{E}_{mfn}$  = Iluminancia mínima de la calzada.

$\bar{E}_{med}$  = Iluminancia media de la calzada.

Por lo tanto, de la Ecuación 5 obtenemos:

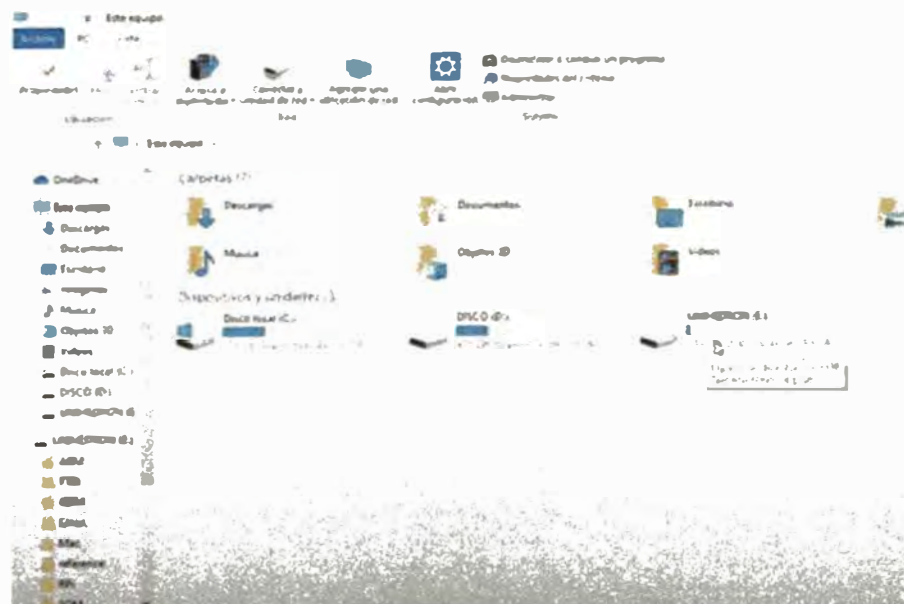
$$U_m = \frac{64.85}{132.41} = 0.48$$

#### 4.1.7. Instalación y obtención de los valores de la calidad del cielo nocturno en la zona de medición con el SQM

##### Instalación y configuración del equipo

La interfaz de descarga del programa SQM-LU es compatible con los sistemas operativos como Windows, Linux y Mac. Lo primero es conectar el USB (los archivos del instalador son adquiridos al realizar la compra del equipo, para contar con las licencias de uso) con el instalador Unihedron, paso seguido se extraen los archivos de instalación a una carpeta del escritorio y se activa un SetUp de instalación para visualizar el ícono de la interfaz Unihedron.

Figura 30. Carpeta de instalación de la interfaz Unihedron.



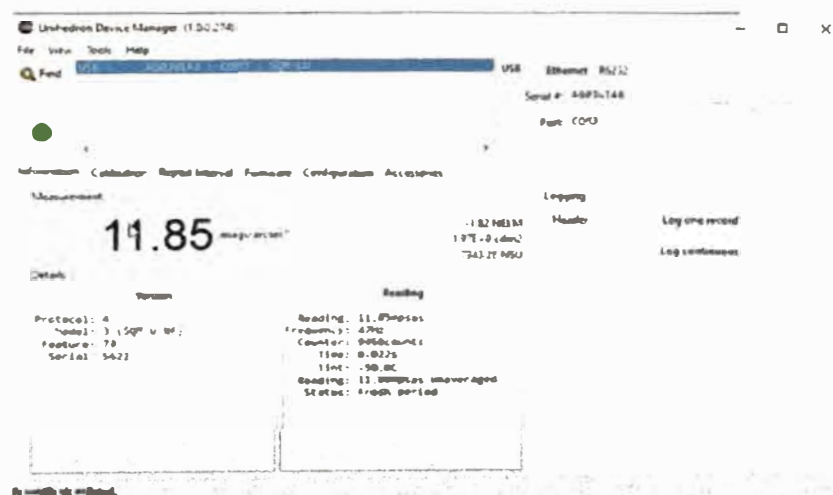
Fuente: Elaboración propia.

Luego entraremos a la carpeta de certificación denominada *FTDI*, activaremos el certificado dando doble clic y extraeremos

como administrador, al aceptar los contratos y finalizar, el programa se encontrará totalmente funcional.

Para realizar las pruebas se debe conectar el cable USB del equipo SQM-LU y esta nos marcará un valor referencial al lugar donde se encuentre.

Figura 31. Interfaz Unihedron.



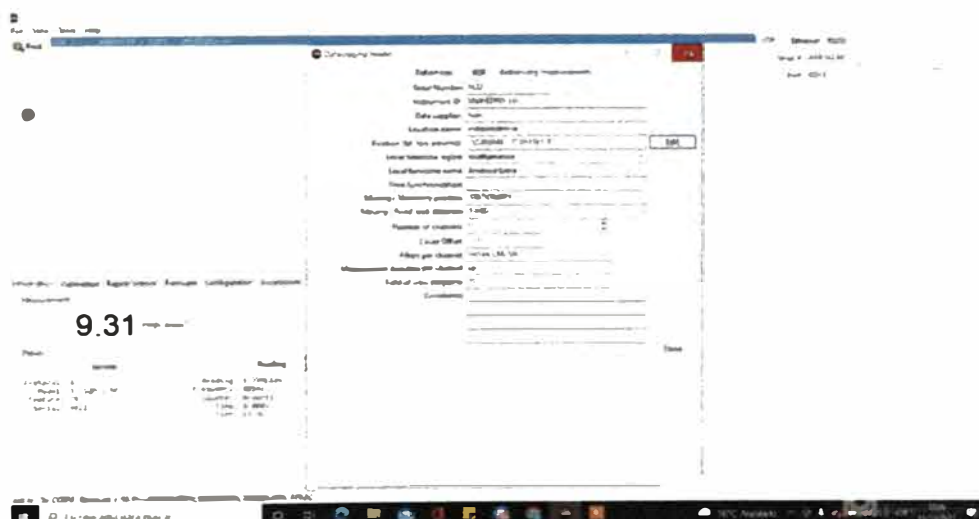
Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, primero debemos dirigimos a la pestaña *View*, y bajar hasta la subpestaña *DL Header* para completar los datos característicos.

La ventana *DL Header* debe ser completada según indicaciones del manual de la siguiente manera: la casilla serial number se completa por default debido al paso previo de la instalación de las licencias. Luego el *data supplier* viene a ser la persona que realizará dicha medición que en este caso fue mi persona. La casilla *location*

*name* corresponde al distrito donde se realizará la medición, que en nuestro caso fue designado al distrito del Rímac, Lima; por la ubicación de la Universidad Nacional de Ingeniería. La casilla siguiente es el *local timezone* region correspondiente a la región zonal de la medición que en nuestro caso resulto ser Sudamérica. La casilla siguiente denominado *local timezone name* es completada por el departamento donde se realizará la medición que en nuestro caso fue América/Lima. Una vez completado estos parámetros de la interfaz Unihedron del SQM-LU se tiene el quipo preparado para realizar la toma de datos correspondientes.

Figura 32. Llenado de los datos de DL Header en el interfaz Unihedron.



*Fuente: Elaboración propia.*

La instalación del equipo de medición para su funcionamiento junto a la interfaz Unihedron es la siguiente, simplemente se debe conectar mediante el cable USB a la conexión de ambos equipos

para su interacción en el momento de la medición, como lo muestra la Figura 33.

Figura 33. Conexión del equipo SQM-LU con la PC.

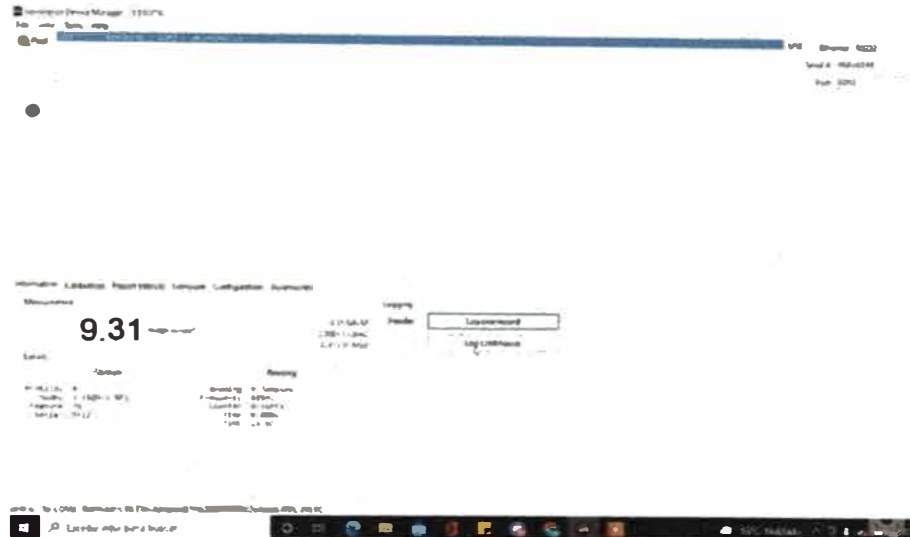


*Fuente: Elaboración propia.*

Para continuar con las mediciones, vamos a detallar los pasos que se realizaron mediante la interfaz Unihedrom:

- a) Nos dirigimos a la pestaña *log continuously* para preparar las condiciones necesarias para la correcta medición.

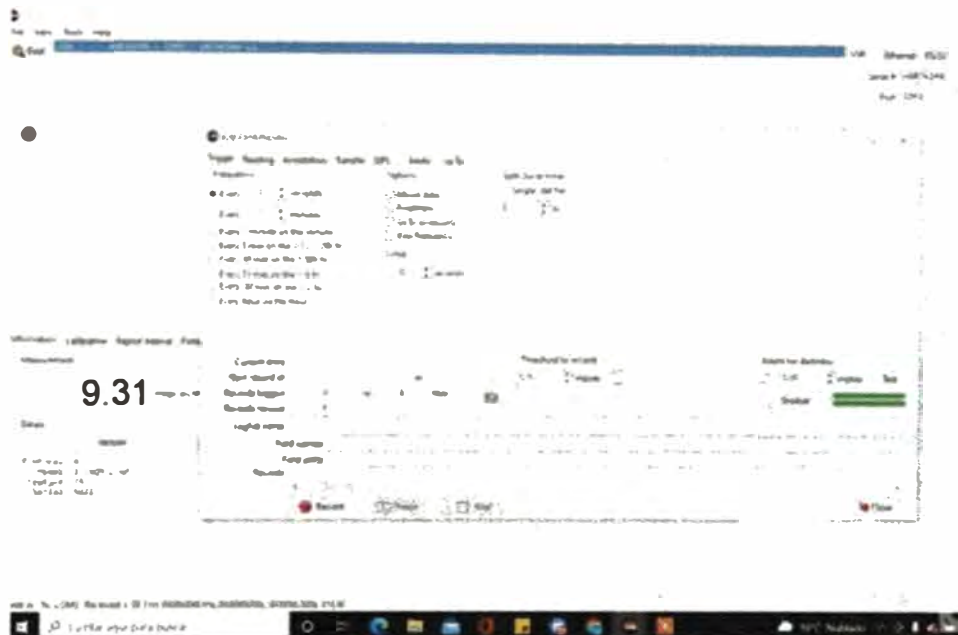
Figura 34. Interfaz Unihedron con el activador de licencia.



Fuente: Elaboración propia.

- b) Dentro de la ventana *log continuously* vamos a realizar las siguientes actividades, primero el subíndice *every\_seconds* corresponde al tiempo en segundos necesarios que se cree conveniente considerar el lapso de la medición, en nuestro caso escogemos el intervalo de cada 15 segundos. También debemos seleccionar el límite de mediciones que queremos considerar; en nuestro muestreo consideramos un límite de 600 mediciones la cual nos tomará aproximadamente 3 horas en obtenerla.

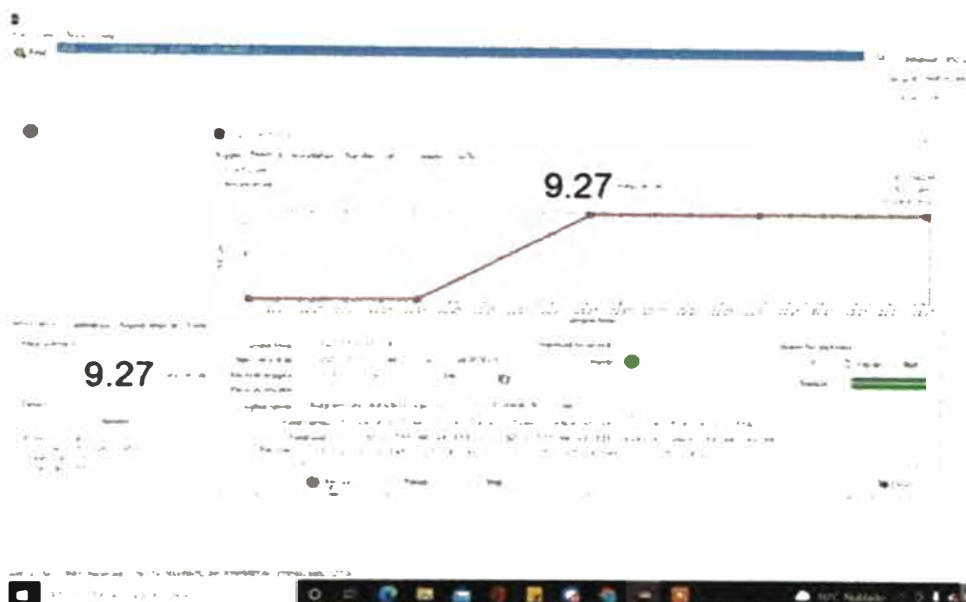
Figura 35. Interfaz Unihedron en la ventana *log continuously*.



Fuente: Elaboración propia.

- c) Paso seguido, es tomar la grabación al pulsar el botón *Record* de la interfaz para que nos muestre el recorrido de las mediciones que va realizando, en tal sentido vamos a obtener las gráficas en función de tablas de entrada con la finalidad de obtener una media del total de las mediciones.

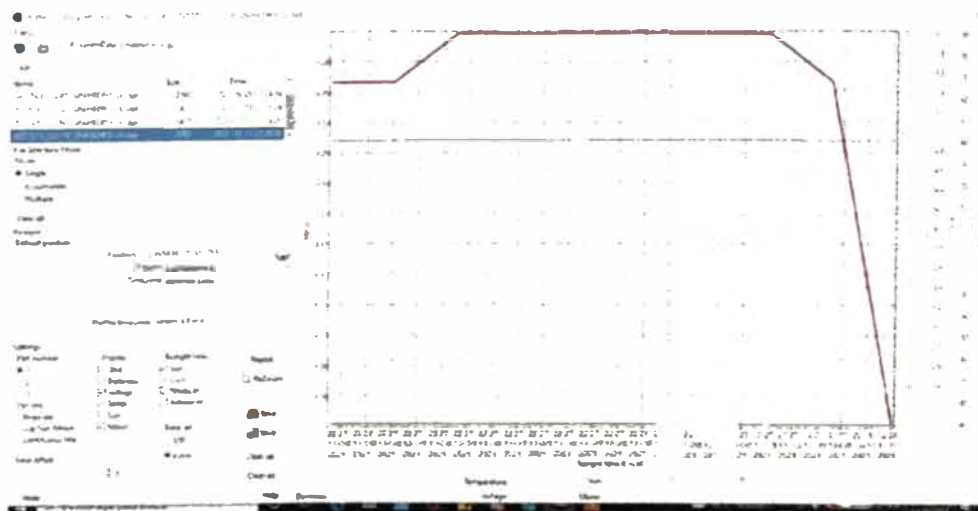
Figura 36. Mediciones obtenidas en el equipo instalado.



Fuente: Elaboración propia.

- d) A continuación, nos vamos a dirigir a la pestaña View para tomar la opción plotter la que nos mostrará los resultados obtenidos en una tabla que es exportable al programa Excel para interpretar sus resultados con mayor detenimiento.

Figura 37. Mediciones obtenidas en el Plotter.





Fuente: Elaboración propia.

La figura correspondiente cuenta con la curva roja, que es el brillo del cielo en unidades de mag/arcsec<sup>2</sup>.

La curva verde nos indica la temperatura en Celsius al momento de realizar la experiencia. La curva azul es la diferencia del voltaje de la zona de medición, que normalmente permanece en un valor neutro. La curva de color negro nos indica el ángulo de elevación de la luna que en nuestro caso resulto de 40.6° y la curva de color amarillo, que es el ángulo de elevación del sol, resultó -60.5°.

e) La exportación de datos al programa Excel nos va a resultar muy útil para realizar los cálculos de las mediciones promedio.

Figura 38. Datos importados al programa Excel.

Time	Temperature (C)	Voltage	Moon Elevation (°)	Sun Elevation (°)
2027	20.5	0.00	40.6	-60.5
2028	20.5	0.00	40.6	-60.5
2029	20.5	0.00	40.6	-60.5
2030	20.5	0.00	40.6	-60.5
2031	20.5	0.00	40.6	-60.5
2032	20.5	0.00	40.6	-60.5
2033	20.5	0.00	40.6	-60.5
2034	20.5	0.00	40.6	-60.5
2035	20.5	0.00	40.6	-60.5
2036	20.5	0.00	40.6	-60.5
2037	20.5	0.00	40.6	-60.5
2038	20.5	0.00	40.6	-60.5
2039	20.5	0.00	40.6	-60.5
2040	20.5	0.00	40.6	-60.5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Puesta en operación del equipo SQM-Lu en el techo del pabellón A6.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.8. Resultados de la calidad del cielo nocturno

a) Datos obtenidos en el primer intervalo de tiempo.

Tabla 8. Datos obtenidos en el primer lapso de 20:33 a 21:25.

YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.ff	Celsius	number	Hz	mag/arcsec <sup>2</sup>	F/P/S	MoonPhaseDeg	MoonElev Deg	MoonIllum %	SunElev Deg
2023-12-04T20:33:18.565	19	0	149	10,59	P	169,2	-18,506	0,9	-29,06
2023-12-04T20:33:33.116	19	0	150	10,58	F	169,2	-18,556	0,9	-29,111
2023-12-04T20:33:48.095	19	0	149	10,59	F	169,2	-18,605	0,9	-29,161
2023-12-04T20:34:03.084	19	0	145	10,62	F	169,2	-18,655	0,9	-29,212
2023-12-04T20:34:18.099	19	0	142	10,64	F	169,2	-18,704	0,9	-29,262

2023-12-04T20:34:33.071	19	0	141	10,65	F	169,2	-18,753	0,9	-29,313
2023-12-04T20:34:48.119	19	0	141	10,65	F	169,2	-18,802	0,9	-29,363
2023-12-04T20:35:03.106	19	0	142	10,64	F	169,2	-18,852	0,9	-29,413
2023-12-04T20:35:18.082	19	0	142	10,64	F	169,2	-18,901	0,9	-29,464
2023-12-04T20:35:33.097	19	0	143	10,63	F	169,2	-18,95	0,9	-29,514
2023-12-04T20:35:48.112	19	0	147	10,6	F	169,2	-19	0,9	-29,564
2023-12-04T20:36:03.077	19	0	150	10,58	F	169,2	-19,049	0,9	-29,615
2023-12-04T20:36:18.135	19	0	148	10,59	F	169,2	-19,098	0,9	-29,665
2023-12-04T20:36:33.101	19	0	149	10,59	F	169,2	-19,147	0,9	-29,715
2023-12-04T20:36:48.105	19	0	146	10,61	F	169,2	-19,197	0,9	-29,765
2023-12-04T20:37:03.084	19	0	144	10,62	F	169,2	-19,246	0,9	-29,815
2023-12-04T20:37:18.087	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,295	0,9	-29,866
2023-12-04T20:37:33.080	19	0	144	10,62	F	169,2	-19,344	0,9	-29,916
2023-12-04T20:37:48.077	19	0	144	10,62	F	169,2	-19,393	0,9	-29,966
2023-12-04T20:38:03.090	19	0	145	10,62	F	169,2	-19,442	0,9	-30,016
2023-12-04T20:38:18.088	19	0	144	10,62	F	169,2	-19,491	0,9	-30,066
2023-12-04T20:38:33.101	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,541	0,9	-30,116
2023-12-04T20:38:48.083	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,59	0,9	-30,166
2023-12-04T20:39:03.091	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,639	0,9	-30,216

2023-12-04T20:39:18.080	19	0	144	10,62	F	169,2	-19,688	0,9	-30,266
2023-12-04T20:39:33.077	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,737	0,9	-30,316
2023-12-04T20:39:49.105	19	0	142	10,64	F	169,2	-19,789	0,9	-30,37
2023-12-04T20:40:04.106	18,6	0	143	10,63	F	169,2	-19,838	0,9	-30,42
2023-12-04T20:40:19.097	19	0	143	10,63	F	169,2	-19,887	0,9	-30,469
2023-12-04T20:40:34.085	19	0	147	10,6	F	169,2	-19,936	0,9	-30,519
2023-12-04T20:40:49.080	19	0	149	10,59	F	169,2	-19,985	0,9	-30,569
2023-12-04T20:41:04.080	18,6	0	148	10,59	F	169,2	-20,034	0,9	-30,619
2023-12-04T20:41:19.089	18,6	0	145	10,62	F	169,2	-20,083	0,9	-30,669
2023-12-04T20:41:34.105	19	0	145	10,62	F	169,2	-20,132	0,9	-30,719
2023-12-04T20:41:49.108	19	0	146	10,61	F	169,1	-20,181	0,9	-30,769
2023-12-04T20:42:04.088	18,6	0	147	10,6	F	169,1	-20,23	0,9	-30,818
2023-12-04T20:42:19.116	19	0	146	10,61	F	169,1	-20,279	0,9	-30,868
2023-12-04T20:42:34.101	19	0	145	10,62	F	169,1	-20,328	0,9	-30,918
2023-12-04T20:42:49.098	19	0	144	10,62	F	169,1	-20,377	0,9	-30,968
2023-12-04T20:43:04.081	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-20,426	0,9	-31,017
2023-12-04T20:43:19.077	19	0	144	10,62	F	169,1	-20,474	0,9	-31,067
2023-12-04T20:43:34.091	18,6	0	147	10,6	F	169,1	-20,523	0,9	-31,117
2023-12-04T20:43:49.089	18,6	0	147	10,6	F	169,1	-20,572	0,9	-31,166

2023-12-04T20:44:04.100	18,6	0	150	10,58	F	169,1	-20,621	0,9	-31,216
2023-12-04T20:44:19.096	18,6	0	152	10,56	F	169,1	-20,67	0,9	-31,265
2023-12-04T20:44:34.095	18,6	0	151	10,57	F	169,1	-20,719	0,9	-31,315
2023-12-04T20:44:49.080	18,6	0	153	10,56	F	169,1	-20,767	0,9	-31,365
2023-12-04T20:45:04.078	18,6	0	155	10,54	F	169,1	-20,816	0,9	-31,414
2023-12-04T20:45:19.095	18,6	0	161	10,5	F	169,1	-20,865	0,9	-31,464
2023-12-04T20:45:34.125	18,6	0	166	10,47	F	169,1	-20,914	0,9	-31,513
2023-12-04T20:45:49.103	18,6	0	162	10,5	F	169,1	-20,962	0,9	-31,563
2023-12-04T20:46:04.116	18,6	0	155	10,54	F	169,1	-21,011	0,9	-31,612
2023-12-04T20:46:19.080	18,6	0	149	10,59	F	169,1	-21,06	0,9	-31,661
2023-12-04T20:46:34.107	18,6	0	145	10,62	F	169,1	-21,108	0,9	-31,711
2023-12-04T20:46:49.101	18,6	0	144	10,62	F	169,1	-21,157	0,9	-31,76
2023-12-04T20:47:04.103	18,6	0	142	10,64	F	169,1	-21,206	0,9	-31,81
2023-12-04T20:47:19.102	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,254	0,9	-31,859
2023-12-04T20:47:34.113	18,6	0	144	10,62	F	169,1	-21,303	0,9	-31,908
2023-12-04T20:47:49.098	18,6	0	145	10,62	F	169,1	-21,351	0,9	-31,957
2023-12-04T20:48:04.112	18,6	0	146	10,61	F	169,1	-21,4	0,9	-32,007
2023-12-04T20:48:19.109	18,6	0	145	10,62	F	169,1	-21,449	0,9	-32,056
2023-12-04T20:48:34.086	18,6	0	144	10,62	F	169,1	-21,497	0,9	-32,105

2023-12-04T20:48:49.106	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,546	0,9	-32,154
2023-12-04T20:49:04.098	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,594	0,9	-32,204
2023-12-04T20:49:19.113	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,643	0,9	-32,253
2023-12-04T20:49:34.085	18,3	0	142	10,64	F	169,1	-21,691	0,9	-32,302
2023-12-04T20:49:49.110	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,74	0,9	-32,351
2023-12-04T20:50:04.084	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,788	0,9	-32,4
2023-12-04T20:50:19.077	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,837	0,9	-32,449
2023-12-04T20:50:34.098	18,6	0	143	10,63	F	169,1	-21,885	0,9	-32,498
2023-12-04T20:50:49.115	18,6	0	142	10,64	F	169,1	-21,934	0,9	-32,547
2023-12-04T20:51:04.111	18,3	0	142	10,64	F	169,1	-21,982	0,9	-32,596
2023-12-04T20:51:19.093	18,6	0	142	10,64	F	169,1	-22,03	0,9	-32,645
2023-12-04T20:51:34.096	18,6	0	142	10,64	F	169,1	-22,079	0,9	-32,694
2023-12-04T20:51:49.079	18,3	0	142	10,64	F	169	-22,127	0,9	-32,743
2023-12-04T20:52:04.080	18,6	0	142	10,64	F	169	-22,175	0,9	-32,792
2023-12-04T20:52:19.102	18,6	0	142	10,64	F	169	-22,224	0,9	-32,841
2023-12-04T20:52:34.120	18,6	0	143	10,63	F	169	-22,272	0,9	-32,89
2023-12-04T20:52:49.096	18,6	0	143	10,63	F	169	-22,32	0,9	-32,938
2023-12-04T20:53:04.095	18,6	0	146	10,61	F	169	-22,369	0,9	-32,987
2023-12-04T20:53:19.079	18,6	0	144	10,62	F	169	-22,417	0,9	-33,036

2023-12-04T20:53:34.088	18,6	0	146	10,61	F	169	-22,465	0,9	-33,085
2023-12-04T20:53:49.087	18,6	0	144	10,62	F	169	-22,513	0,9	-33,133
2023-12-04T20:54:04.106	18,6	0	146	10,61	F	169	-22,562	0,9	-33,182
2023-12-04T20:54:19.105	18,6	0	148	10,59	F	169	-22,61	0,9	-33,231
2023-12-04T20:54:34.092	18,3	0	149	10,59	F	169	-22,658	0,9	-33,279
2023-12-04T20:54:49.112	18,6	0	150	10,58	F	169	-22,706	0,9	-33,328
2023-12-04T20:55:04.109	18,6	0	147	10,6	F	169	-22,754	0,9	-33,377
2023-12-04T20:55:19.091	18,6	0	143	10,63	F	169	-22,803	0,9	-33,425
2023-12-04T20:55:34.092	18,6	0	144	10,62	F	169	-22,851	0,9	-33,474
2023-12-04T20:55:49.102	18,6	0	144	10,62	F	169	-22,900	0,9	-33,522
2023-12-04T20:56:04.087	18,6	0	146	10,61	F	169	-22,947	0,9	-33,571
2023-12-04T20:56:19.114	18,6	0	149	10,59	F	169	-22,995	0,9	-33,619
2023-12-04T20:56:34.079	18,6	0	153	10,56	F	169	-23,043	0,9	-33,668
2023-12-04T20:56:49.081	18,6	0	154	10,55	F	169	-23,091	0,9	-33,716
2023-12-04T20:57:04.106	18,6	0	155	10,54	F	169	-23,139	0,9	-33,765
2023-12-04T20:57:19.069	18,6	0	152	10,56	F	169	-23,187	0,9	-33,813
2023-12-04T20:57:34.087	18,6	0	149	10,59	F	169	-23,235	0,9	-33,861
2023-12-04T20:57:49.100	18,6	0	147	10,6	F	169	-23,283	0,9	-33,91
2023-12-04T20:58:04.087	18,6	0	150	10,58	F	169	-23,331	0,9	-33,958

2023-12-04T20:58:19.097	18,6	0	152	10,56	F	169	-23,379	0,9	-34,006
2023-12-04T20:58:34.094	18,6	0	150	10,58	F	169	-23,427	0,9	-34,055
2023-12-04T20:58:49.093	18,6	0	150	10,58	F	169	-23,475	0,9	-34,103
2023-12-04T20:59:04.092	18,6	0	151	10,57	F	169	-23,523	0,9	-34,151
2023-12-04T20:59:19.091	18,6	0	150	10,58	F	169	-23,571	0,9	-34,199
2023-12-04T20:59:34.120	18,6	0	149	10,59	F	169	-23,619	0,9	-34,247
2023-12-04T20:59:49.101	18,6	0	151	10,57	F	169	-23,667	0,9	-34,296
2023-12-04T21:00:04.097	18,6	0	155	10,54	F	169	-23,715	0,9	-34,344
2023-12-04T21:00:19.095	18,3	0	154	10,55	F	169	-23,762	0,9	-34,392
2023-12-04T21:00:34.092	18,6	0	151	10,57	F	169	-23,81	0,9	-34,44
2023-12-04T21:00:49.103	18,6	0	149	10,59	F	169	-23,858	0,9	-34,488
2023-12-04T21:01:04.101	18,3	0	146	10,61	F	169	-23,906	0,9	-34,536
2023-12-04T21:01:19.121	18,6	0	145	10,62	F	169	-23,954	0,9	-34,584
2023-12-04T21:01:34.104	18,6	0	150	10,58	F	169	-24,001	0,9	-34,632
2023-12-04T21:01:49.115	18,3	0	156	10,54	F	168,9	-24,049	0,9	-34,68
2023-12-04T21:02:04.091	18,6	0	155	10,54	F	168,9	-24,097	0,9	-34,728
2023-12-04T21:02:19.089	18,3	0	155	10,54	F	168,9	-24,144	0,9	-34,776
2023-12-04T21:02:34.092	18,6	0	147	10,6	F	168,9	-24,192	0,9	-34,823
2023-12-04T21:02:49.090	18,6	0	143	10,63	F	168,9	-24,24	0,9	-34,871



2023-12-04T21:03:04.106	18,6	0	142	10,64	F	168,9	-24,287	0,9	-34,919
2023-12-04T21:03:19.099	18,6	0	145	10,62	F	168,9	-24,335	0,9	-34,967
2023-12-04T21:03:34.101	18,6	0	148	10,59	F	168,9	-24,383	0,9	-35,015
2023-12-04T21:03:49.110	18,6	0	152	10,56	F	168,9	-24,43	0,9	-35,062
2023-12-04T21:04:04.107	18,6	0	155	10,54	F	168,9	-24,478	0,9	-35,11
2023-12-04T21:04:19.106	18,6	0	150	10,58	F	168,9	-24,525	0,9	-35,158
2023-12-04T21:04:34.088	18,6	0	149	10,59	F	168,9	-24,573	0,9	-35,205
2023-12-04T21:04:49.089	18,3	0	146	10,61	F	168,9	-24,621	0,9	-35,253
2023-12-04T21:05:04.116	18,6	0	143	10,63	F	168,9	-24,668	0,9	-35,3
2023-12-04T21:05:19.082	18,6	0	145	10,62	F	168,9	-24,716	0,9	-35,348
2023-12-04T21:05:34.115	18,6	0	150	10,58	F	168,9	-24,763	0,9	-35,396
2023-12-04T21:05:49.081	18,6	0	157	10,53	F	168,9	-24,811	0,9	-35,443
2023-12-04T21:06:04.093	18,3	0	164	10,48	F	168,9	-24,858	0,9	-35,491
2023-12-04T21:06:19.105	18,6	0	160	10,51	F	168,9	-24,905	0,9	-35,538
2023-12-04T21:06:34.116	18,6	0	150	10,58	F	168,9	-24,953	0,9	-35,585
2023-12-04T21:06:49.111	18,6	0	148	10,59	F	168,9	-25	0,9	-35,633
2023-12-04T21:07:04.092	18,6	0	146	10,61	F	168,9	-25,048	0,9	-35,68
2023-12-04T21:07:19.085	18,6	0	145	10,62	F	168,9	-25,095	0,9	-35,728
2023-12-04T21:07:34.090	18,6	0	144	10,62	F	168,9	-25,142	0,9	-35,775

2023-12-04T21:07:49.104	18,3	0	141	10,65	F	168,9	-25,19	0,9	-35,822
2023-12-04T21:08:04.116	18,3	0	142	10,64	F	168,9	-25,237	0,9	-35,869
2023-12-04T21:08:19.111	18,6	0	144	10,62	F	168,9	-25,284	0,9	-35,917
2023-12-04T21:08:34.078	18,6	0	147	10,6	F	168,9	-25,332	0,9	-35,964
2023-12-04T21:08:49.101	18,6	0	147	10,6	F	168,9	-25,379	0,9	-36,011
2023-12-04T21:09:04.090	18,6	0	150	10,58	F	168,9	-25,426	0,9	-36,058
2023-12-04T21:09:19.102	18,3	0	153	10,56	F	168,9	-25,473	0,9	-36,105
2023-12-04T21:09:34.118	18,6	0	154	10,55	F	168,9	-25,521	0,9	-36,152
2023-12-04T21:09:49.097	18,6	0	153	10,56	F	168,9	-25,568	0,9	-36,199
2023-12-04T21:10:04.096	18,6	0	154	10,55	F	168,9	-25,615	0,9	-36,246
2023-12-04T21:10:19.096	18,6	0	148	10,59	F	168,9	-25,662	0,9	-36,293
2023-12-04T21:10:34.079	18,6	0	144	10,62	F	168,9	-25,709	0,9	-36,34
2023-12-04T21:10:49.086	18,6	0	144	10,62	F	168,9	-25,756	0,9	-36,387
2023-12-04T21:11:04.102	18,6	0	144	10,62	F	168,9	-25,803	0,9	-36,434
2023-12-04T21:11:19.088	18,6	0	143	10,63	F	168,9	-25,851	0,9	-36,481
2023-12-04T21:11:34.093	18,3	0	143	10,63	F	168,9	-25,898	0,9	-36,528
2023-12-04T21:11:49.093	18,6	0	146	10,61	F	168,9	-25,945	0,9	-36,575
2023-12-04T21:12:04.091	18,6	0	147	10,6	F	168,8	-25,992	0,9	-36,622
2023-12-04T21:12:19.118	18,6	0	146	10,61	F	168,8	-26,039	0,9	-36,669

2023-12-04T21:12:34.102	18,3	0	145	10,62	F	168,8	-26,086	0,9	-36,715
2023-12-04T21:12:49.086	18,6	0	150	10,58	F	168,8	-26,133	0,9	-36,762
2023-12-04T21:13:04.094	18,6	0	157	10,53	F	168,8	-26,18	0,9	-36,809
2023-12-04T21:13:19.080	18,6	0	157	10,53	F	168,8	-26,227	0,9	-36,855
2023-12-04T21:13:34.108	18,6	0	152	10,56	F	168,8	-26,274	0,9	-36,902
2023-12-04T21:13:49.091	18,6	0	148	10,59	F	168,8	-26,32	0,9	-36,949
2023-12-04T21:14:04.074	18,6	0	144	10,62	F	168,8	-26,367	0,9	-36,995
2023-12-04T21:14:19.104	18,6	0	147	10,6	F	168,8	-26,414	0,9	-37,042
2023-12-04T21:14:34.098	18,3	0	160	10,51	F	168,8	-26,461	0,9	-37,088
2023-12-04T21:14:49.096	18,6	0	175	10,41	F	168,8	-26,508	0,9	-37,135
2023-12-04T21:15:04.094	18,6	0	186	10,34	F	168,8	-26,555	0,9	-37,181
2023-12-04T21:15:19.091	18,6	0	179	10,38	F	168,8	-26,602	0,9	-37,228
2023-12-04T21:15:34.104	18,6	0	168	10,45	F	168,8	-26,648	0,9	-37,274
2023-12-04T21:15:49.100	18,6	0	160	10,51	F	168,8	-26,695	1	-37,32
2023-12-04T21:16:04.105	18,3	0	165	10,47	F	168,8	-26,742	1	-37,367
2023-12-04T21:16:19.100	18,6	0	181	10,37	F	168,8	-26,789	1	-37,413
2023-12-04T21:16:34.083	18,3	0	187	10,34	F	168,8	-26,835	1	-37,459
2023-12-04T21:16:49.106	18,6	0	178	10,39	F	168,8	-26,882	1	-37,505
2023-12-04T21:17:04.104	18,6	0	167	10,46	F	168,8	-26,929	1	-37,552

2023-12-04T21:17:19.097	18,6	0	167	10,46	F	168,8	-26,975	1	-37,598
2023-12-04T21:17:34.095	18,3	0	174	10,42	F	168,8	-27,022	1	-37,644
2023-12-04T21:17:49.111	18,6	0	176	10,4	F	168,8	-27,068	1	-37,69
2023-12-04T21:18:04.109	18,3	0	180	10,38	F	168,8	-27,115	1	-37,736
2023-12-04T21:18:19.092	18,6	0	174	10,42	F	168,8	-27,162	1	-37,782
2023-12-04T21:18:34.106	18,6	0	166	10,47	F	168,8	-27,208	1	-37,828
2023-12-04T21:18:49.104	18,6	0	164	10,48	F	168,8	-27,255	1	-37,874
2023-12-04T21:19:04.091	18,6	0	169	10,45	F	168,8	-27,301	1	-37,92
2023-12-04T21:19:19.101	18,3	0	173	10,42	F	168,8	-27,348	1	-37,966
2023-12-04T21:19:34.082	18,6	0	171	10,44	F	168,8	-27,394	1	-38,012
2023-12-04T21:19:49.108	18,6	0	173	10,42	F	168,8	-27,441	1	-38,058
2023-12-04T21:20:04.090	18,6	0	172	10,43	F	168,8	-27,487	1	-38,104
2023-12-04T21:20:19.091	18,6	0	170	10,44	F	168,8	-27,533	1	-38,15
2023-12-04T21:20:34.099	18,6	0	178	10,39	F	168,8	-27,58	1	-38,195
2023-12-04T21:20:49.086	18,6	0	178	10,39	F	168,8	-27,626	1	-38,241
2023-12-04T21:21:04.099	18,6	0	169	10,45	F	168,8	-27,673	1	-38,287
2023-12-04T21:21:19.092	18,6	0	168	10,45	F	168,8	-27,719	1	-38,333
2023-12-04T21:21:34.110	18,6	0	172	10,43	F	168,8	-27,765	1	-38,378
2023-12-04T21:21:49.077	18,6	0	171	10,44	F	168,8	-27,812	1	-38,424

2023-12-04T21:22:04.088	18,6	0	165	10,47	F	168,7	-27,858	1	-38,469
2023-12-04T21:22:19.101	18,6	0	157	10,53	F	168,7	-27,904	1	-38,515
2023-12-04T21:22:34.116	18,6	0	148	10,59	F	168,7	-27,95	1	-38,561
2023-12-04T21:22:49.086	18,6	0	151	10,57	F	168,7	-27,997	1	-38,606
2023-12-04T21:23:04.116	18,6	0	161	10,5	F	168,7	-28,043	1	-38,651
2023-12-04T21:23:19.080	18,6	0	165	10,47	F	168,7	-28,089	1	-38,697
2023-12-04T21:23:34.088	18,6	0	163	10,49	F	168,7	-28,135	1	-38,742
2023-12-04T21:23:49.104	18,6	0	171	10,44	F	168,7	-28,181	1	-38,788
2023-12-04T21:24:04.119	18,6	0	181	10,37	F	168,7	-28,227	1	-38,833
2023-12-04T21:24:19.097	18,3	0	181	10,37	F	168,7	-28,274	1	-38,878
2023-12-04T21:24:34.096	18,6	0	187	10,34	F	168,7	-28,32	1	-38,924
2023-12-04T21:24:49.081	18,6	0	193	10,3	F	168,7	-28,366	1	-38,969
2023-12-04T21:25:04.092	18,6	0	191	10,31	F	168,7	-28,412	1	-39,014
2023-12-04T21:25:19.077	18,3	0	178	10,39	F	168,7	-28,458	1	-39,059
2023-12-04T21:25:34.091	18,6	0	162	10,5	F	168,7	-28,504	1	-39,104
2023-12-04T21:25:49.122	18,6	0	154	10,55	F	168,7	-28,55	1	-39,149

Fuente: Elaboración propia.

b) Datos obtenidos en el segundo intervalo de tiempo.

Tabla 9. Datos obtenidos en el segundo lapso de 21:45 a  
23:05.

YYYY-MM-DDTHH:mm:ss.fff	Celsius	number	Hz	mag/arcsec2	F/P/S	MoonPhaseDeg	MoonElevDeg	MoonIllum %	SunElev Deg
2023-12-04T21:38:12.964	18,6	0	165	10,47	F	168,6	-30,801	1	-41,339
2023-12-04T21:38:28.096	18,6	0	153	10,56	F	168,6	-30,849	1	-41,385
2023-12-04T21:38:43.107	18,6	0	149	10,59	F	168,6	-30,893	1	-41,428
2023-12-04T21:38:58.087	18,6	0	154	10,55	F	168,6	-30,938	1	-41,472
2023-12-04T21:39:13.105	18,6	0	157	10,53	F	168,6	-30,983	1	-41,515
2023-12-04T21:39:28.118	18,3	0	164	10,48	F	168,6	-31,028	1	-41,558
2023-12-04T21:39:43.083	18,6	0	165	10,47	F	168,6	-31,073	1	-41,601
2023-12-04T21:39:58.075	18,6	0	163	10,49	F	168,6	-31,117	1	-41,644
2023-12-04T21:40:13.097	18,6	0	164	10,48	F	168,6	-31,162	1	-41,687
2023-12-04T21:40:28.110	18,6	0	170	10,44	F	168,6	-31,207	1	-41,73
2023-12-04T21:40:43.088	18,6	0	176	10,4	F	168,6	-31,252	1	-41,773
2023-12-04T21:40:58.101	18,6	0	178	10,39	F	168,6	-31,296	1	-41,816
2023-12-04T21:41:13.120	18,6	0	188	10,33	F	168,6	-31,341	1	-41,859
2023-12-04T21:41:28.095	18,6	0	188	10,33	F	168,6	-31,385	1	-41,901
2023-12-04T21:41:43.096	18,6	0	187	10,34	F	168,6	-31,43	1	-41,944

2023-12-04T21:41:58.108	18,6	0	200	10,26	F	168,6	-31,475	1	-41,987
2023-12-04T21:42:13.089	18,6	0	210	10,21	F	168,6	-31,519	1	-42,03
2023-12-04T21:42:28.089	18,6	0	203	10,25	F	168,5	-31,564	1	-42,072
2023-12-04T21:42:43.106	18,3	0	194	10,3	F	168,5	-31,608	1	-42,115
2023-12-04T21:42:58.117	18,6	0	191	10,31	F	168,5	-31,653	1	-42,157
2023-12-04T21:43:13.092	18,6	0	190	10,32	F	168,5	-31,697	1	-42,2
2023-12-04T21:43:28.088	18,3	0	189	10,32	F	168,5	-31,741	1	-42,242
2023-12-04T21:43:43.076	18,6	0	197	10,28	F	168,5	-31,786	1	-42,285
2023-12-04T21:43:58.105	18,3	0	191	10,31	F	168,5	-31,83	1	-42,327
2023-12-04T21:44:13.086	18,6	0	175	10,4	F	168,5	-31,975	1	-42,37
2023-12-04T21:44:28.120	18,3	0	167	10,46	F	168,5	-31,919	1	-42,412
2023-12-04T21:44:43.099	18,6	0	166	10,47	F	168,5	-31,963	1	-42,454
2023-12-04T21:44:58.081	18,6	0	158	10,52	F	168,5	-32,007	1	-42,496
2023-12-04T21:45:13.090	18,3	0	151	10,57	F	168,5	-32,052	1	-42,539
2023-12-04T21:45:28.076	18,6	0	152	10,56	F	168,5	-32,096	1	-42,581
2023-12-04T21:45:43.082	18,6	0	155	10,54	F	168,5	-32,14	1	-42,623
2023-12-04T21:45:58.118	18,6	0	162	10,5	F	168,5	-32,184	1	-42,665
2023-12-04T21:46:13.086	18,6	0	178	10,39	F	168,5	-32,228	1	-42,707
2023-12-04T21:46:28.097	18,6	0	184	10,35	F	168,5	-32,273	1	-42,749

2023-12-04T21:46:43.093	18,3	0	175	10,41	F	168,5	-32,317	1	-42,791
2023-12-04T21:46:58.091	18,3	0	164	10,48	F	168,5	-32,361	1	-42,833
2023-12-04T21:47:13.086	18,6	0	158	10,52	F	168,5	-32,405	1	-42,875
2023-12-04T21:47:28.104	18,6	0	159	10,52	F	168,5	-32,449	1	-42,917
2023-12-04T21:47:43.094	18,6	0	159	10,52	F	168,5	-32,493	1	-42,958
2023-12-04T21:47:58.083	18,6	0	158	10,52	F	168,5	-32,537	1	-43
2023-12-04T21:48:13.095	18,6	0	164	10,48	F	168,5	-32,581	1	-43,042
2023-12-04T21:48:28.106	18,6	0	165	10,47	F	168,5	-32,625	1	-43,083
2023-12-04T21:48:43.120	18,6	0	172	10,43	F	168,5	-32,669	1	-43,125
2023-12-04T21:49:59.135	18,6	0	165	10,47	F	168,5	-32,712	1	-43,167
2023-12-04T21:49:13.100	18,6	0	154	10,55	F	168,5	-32,756	1	-43,208
2023-12-04T21:49:28.106	18,6	0	154	10,55	F	168,5	-32,8	1	-43,25
2023-12-04T21:49:43.099	18,6	0	155	10,54	F	168,5	-32,844	1	-43,291
2023-12-04T21:49:58.092	18,6	0	158	10,52	F	168,5	-32,888	1	-43,332
2023-12-04T21:50:13.093	18,6	0	159	10,52	F	168,5	-32,931	1	-43,374
2023-12-04T21:50:28.105	18,6	0	161	10,5	F	168,5	-32,975	1	-43,415
2023-12-04T21:50:43.118	18,6	0	159	10,52	F	168,5	-33,019	1	-43,456
2023-12-04T21:50:58.094	18,6	0	147	10,6	F	168,5	-33,063	1	-43,498
2023-12-04T21:51:13.093	18,6	0	143	10,63	F	168,5	-33,106	1	-43,539



2023-12-04T21:51:28.080	18,6	0	148	10,59	F	168,5	-33,15	1	-43,58
2023-12-04T21:51:43.089	18,3	0	154	10,55	F	168,5	-33,193	1	-43,621
2023-12-04T21:51:58.086	18,6	0	158	10,52	F	168,5	-33,237	1	-43,662
2023-12-04T21:52:13.103	18,3	0	162	10,5	F	168,5	-33,281	1	-43,703
2023-12-04T21:52:28.119	18,6	0	163	10,49	F	168,4	-33,324	1	-43,744
2023-12-04T21:52:43.100	18,6	0	163	10,49	F	168,4	-33,368	1	-43,785
2023-12-04T21:52:58.080	18,6	0	169	10,45	F	168,4	-33,411	1	-43,826
2023-12-04T21:53:13.083	18,6	0	182	10,37	F	168,4	-33,454	1	-43,867
2023-12-04T21:53:28.104	18,6	0	184	10,35	F	168,4	-33,498	1	-43,907
2023-12-04T21:53:43.085	18,6	0	190	10,32	F	168,4	-33,541	1	-43,948
2023-12-04T21:53:58.079	18,6	0	192	10,31	F	168,4	-33,585	1	-43,989
2023-12-04T21:54:13.088	18,6	0	188	10,33	F	168,4	-33,628	1	-44,029
2023-12-04T21:54:28.106	18,3	0	183	10,36	F	168,4	-33,671	1	-44,07
2023-12-04T21:54:43.103	18,6	0	177	10,4	F	168,4	-33,715	1	-44,111
2023-12-04T21:54:58.102	18,3	0	178	10,39	F	168,4	-33,758	1	-44,151
2023-12-04T21:55:13.084	18,6	0	179	10,38	F	168,4	-33,801	1	-44,192
2023-12-04T21:55:28.112	18,6	0	166	10,47	F	168,4	-33,844	1	-44,232
2023-12-04T21:55:43.094	18,6	0	158	10,52	F	168,4	-33,887	1	-44,272
2023-12-04T21:55:58.090	18,6	0	150	10,58	F	168,4	-33,93	1	-44,313

2023-12-04T21:56:13.103	18,6	0	147	10,6	F	168,4	-33,974	1	-44,353
2023-12-04T21:56:28.116	18,6	0	144	10,62	F	168,4	-34,017	1	-44,393
2023-12-04T21:56:43.101	18,6	0	139	10,66	F	168,4	-34,06	1	-44,433
2023-12-04T21:56:58.084	18,6	0	143	10,63	F	168,4	-34,103	1	-44,473
2023-12-04T21:57:13.108	18,6	0	148	10,59	F	168,4	-34,146	1	-44,513
2023-12-04T21:57:28.106	18,6	0	152	10,56	F	168,4	-34,189	1	-44,554
2023-12-04T21:57:43.086	18,6	0	154	10,55	F	168,4	-34,232	1	-44,594
2023-12-04T21:57:58.122	18,6	0	157	10,53	F	168,4	-34,275	1	-44,633
2023-12-04T21:58:13.119	18,6	0	164	10,48	F	168,4	-34,318	1	-44,673
2023-12-04T21:58:28.098	18,6	0	165	10,47	F	168,4	-34,36	1	-44,713
2023-12-04T21:58:43.095	18,6	0	164	10,48	F	168,4	-34,403	1	-44,753
2023-12-04T21:58:58.106	18,6	0	158	10,52	F	168,4	-34,446	1	-44,793
2023-12-04T21:59:13.102	18,6	0	155	10,54	F	168,4	-34,489	1	-44,832
2023-12-04T21:59:28.096	18,3	0	165	10,47	F	168,4	-34,532	1	-44,872
2023-12-04T21:59:43.113	18,3	0	176	10,4	F	168,4	-34,574	1	-44,912
2023-12-04T21:59:58.091	18,6	0	181	10,37	F	168,4	-34,617	1	-44,951
2023-12-04T22:00:13.078	18,6	0	179	10,38	F	168,4	-34,66	1	-44,991
2023-12-04T22:00:28.123	18,6	0	173	10,42	F	168,4	-34,702	1	-45,03
2023-12-04T22:00:43.088	18,6	0	176	10,4	F	168,4	-34,745	1	-45,07

2023-12-04T22:00:58.104	18,6	0	178	10,39	F	168,4	-34,788	1	-45,109
2023-12-04T22:01:13.099	18,6	0	185	10,35	F	168,4	-34,83	1	-45,148
2023-12-04T22:01:28.092	18,6	0	184	10,35	F	168,4	-34,873	1	-45,188
2023-12-04T22:01:43.106	18,6	0	178	10,39	F	168,4	-34,915	1	-45,227
2023-12-04T22:01:58.105	18,6	0	181	10,37	F	168,4	-34,958	1	-45,266
2023-12-04T22:02:13.091	18,6	0	184	10,35	F	168,4	-35	1	-45,305
2023-12-04T22:02:28.104	18,3	0	181	10,37	F	168,4	-35,043	1	-45,344
2023-12-04T22:02:43.103	18,3	0	184	10,35	F	168,3	-35,085	1	-45,383
2023-12-04T22:02:58.098	18,6	0	181	10,37	F	168,3	-35,127	1	-45,422
2023-12-04T22:03:13.096	18,3	0	179	10,38	F	168,3	-35,17	1	-45,461
2023-12-04T22:03:28.093	18,3	0	166	10,47	F	168,3	-35,212	1	-45,5
2023-12-04T22:03:43.086	18,6	0	160	10,51	F	168,3	-35,254	1	-45,539
2023-12-04T22:03:58.124	18,6	0	166	10,47	F	168,3	-35,297	1	-45,578
2023-12-04T22:04:13.132	18,6	0	174	10,42	F	168,3	-35,339	1	-45,616
2023-12-04T22:04:28.095	18,3	0	194	10,3	F	168,3	-35,381	1	-45,655
2023-12-04T22:04:43.092	18,6	0	201	10,26	F	168,3	-35,423	1	-45,694
2023-12-04T22:04:58.091	18,6	0	197	10,28	F	168,3	-35,465	1	-45,732
2023-12-04T22:05:13.079	18,6	0	201	10,26	F	168,3	-35,507	1	-45,771
2023-12-04T22:05:28.073	18,6	0	200	10,26	F	168,3	-35,549	1	-45,809

2023-12-04T22:05:43.121	18,6	0	199	10,27	F	168,3	-35,591	1	-45,848
2023-12-04T22:05:58.115	18,6	0	194	10,3	F	168,3	-35,633	1	-45,886
2023-12-04T22:06:13.099	18,6	0	191	10,31	F	168,3	-35,675	1	-45,924
2023-12-04T22:06:28.082	18,6	0	192	10,31	F	168,3	-35,717	1	-45,962
2023-12-04T22:06:43.112	18,3	0	187	10,34	F	168,3	-35,759	1	-46,001
2023-12-04T22:06:58.078	18,6	0	196	10,29	F	168,3	-35,801	1	-46,039
2023-12-04T22:07:13.107	18,3	0	190	10,32	F	168,3	-35,843	1	-46,077
2023-12-04T22:07:28.102	18,6	0	185	10,35	F	168,3	-35,885	1	-46,115
2023-12-04T22:07:43.134	18,6	0	197	10,28	F	168,3	-35,927	1	-46,153
2023-12-04T22:07:58.086	18,6	0	194	10,3	F	168,3	-35,969	1	-46,191
2023-12-04T22:08:13.083	18,6	0	198	10,27	F	168,3	-36,01	1	-46,229
2023-12-04T22:08:28.093	18,6	0	195	10,29	F	168,3	-36,052	1	-46,267
2023-12-04T22:08:43.077	18,6	0	201	10,26	F	168,3	-36,094	1	-46,304
2023-12-04T22:08:58.090	18,3	0	197	10,28	F	168,3	-36,135	1	-46,342
2023-12-04T22:09:13.121	18,3	0	189	10,32	F	168,3	-36,177	1	-46,38
2023-12-04T22:09:28.104	18,6	0	192	10,31	F	168,3	-36,218	1	-46,417
2023-12-04T22:09:43.112	18,6	0	191	10,31	F	168,3	-36,26	1	-46,455
2023-12-04T22:09:58.092	18,6	0	191	10,31	F	168,3	-36,302	1	-46,493
2023-12-04T22:10:13.096	18,6	0	193	10,3	F	168,3	-36,343	1	-46,53

2023-12-04T22:10:28.079	18,6	0	186	10,34	F	168,3	-36,385	1	-46,567
2023-12-04T22:10:43.074	18,6	0	186	10,34	F	168,3	-36,426	1	-46,605
2023-12-04T22:10:58.089	18,3	0	181	10,37	F	168,3	-36,467	1	-46,642
2023-12-04T22:11:13.100	18,6	0	179	10,38	F	168,3	-36,509	1	-46,679
2023-12-04T22:11:28.084	18,3	0	177	10,4	F	168,3	-36,55	1	-46,717
2023-12-04T22:11:43.100	18,6	0	175	10,41	F	168,3	-36,591	1	-46,754
2023-12-04T22:11:58.096	18,6	0	180	10,38	F	168,3	-36,633	1	-46,791
2023-12-04T22:12:13.078	18,6	0	189	10,32	F	168,3	-36,674	1	-46,828
2023-12-04T22:12:28.096	18,6	0	187	10,34	F	168,3	-36,715	1	-46,865
2023-12-04T22:12:43.120	18,6	0	190	10,32	F	168,2	-36,756	1	-46,902
2023-12-04T22:12:58.086	18,6	0	185	10,35	F	168,2	-36,797	1	-46,939
2023-12-04T22:13:13.097	18,6	0	182	10,37	F	168,2	-36,839	1	-46,975
2023-12-04T22:13:28.079	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-36,88	1	-47,012
2023-12-04T22:13:43.090	18,3	0	182	10,37	F	168,2	-36,921	1	-47,049
2023-12-04T22:13:58.075	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-36,962	1,1	-47,085
2023-12-04T22:14:13.118	18,6	0	182	10,37	F	168,2	-37,003	1,1	-47,122
2023-12-04T22:14:28.088	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-37,044	1,1	-47,159
2023-12-04T22:14:43.087	18,6	0	178	10,39	F	168,2	-37,085	1,1	-47,195
2023-12-04T22:14:58.109	18,6	0	169	10,45	F	168,2	-37,126	1,1	-47,231

2023-12-04T22:15:13.103	18,6	0	172	10,43	F	168,2	-37,166	1,1	-47,268
2023-12-04T22:15:28.121	18,3	0	178	10,39	F	168,2	-37,207	1,1	-47,304
2023-12-04T22:15:43.103	18,6	0	182	10,37	F	168,2	-37,248	1,1	-47,34
2023-12-04T22:15:58.101	18,6	0	184	10,35	F	168,2	-37,289	1,1	-47,377
2023-12-04T22:16:13.112	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-37,33	1,1	-47,413
2023-12-04T22:16:28.080	18,6	0	178	10,39	F	168,2	-37,37	1,1	-47,449
2023-12-04T22:16:43.089	18,6	0	171	10,44	F	168,2	-37,411	1,1	-47,485
2023-12-04T22:16:58.097	18,6	0	168	10,45	F	168,2	-37,452	1,1	-47,521
2023-12-04T22:17:13.103	18,6	0	171	10,44	F	168,2	-37,492	1,1	-47,557
2023-12-04T22:17:29.114	18,6	0	168	10,47	F	168,2	-37,533	1,1	-47,592
2023-12-04T22:17:43.103	18,6	0	172	10,43	F	168,2	-37,573	1,1	-47,628
2023-12-04T22:17:58.113	18,6	0	175	10,41	F	168,2	-37,614	1,1	-47,664
2023-12-04T22:18:13.087	18,6	0	175	10,41	F	168,2	-37,654	1,1	-47,7
2023-12-04T22:18:28.090	18,6	0	180	10,38	F	168,2	-37,695	1,1	-47,735
2023-12-04T22:18:43.123	18,6	0	188	10,33	F	168,2	-37,735	1,1	-47,771
2023-12-04T22:18:58.082	18,6	0	187	10,34	F	168,2	-37,776	1,1	-47,806
2023-12-04T22:19:13.116	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-37,816	1,1	-47,842
2023-12-04T22:19:28.095	18,6	0	176	10,4	F	168,2	-37,856	1,1	-47,877
2023-12-04T22:19:43.080	18,6	0	170	10,44	F	168,2	-37,896	1,1	-47,912

2023-12-04T22:19:58.110	18,3	0	161	10,5	F	168,2	-37,937	1,1	-47,948
2023-12-04T22:20:13.077	18,6	0	165	10,47	F	168,2	-37,977	1,1	-47,983
2023-12-04T22:20:28.095	18,6	0	164	10,48	F	168,2	-38,017	1,1	-48,018
2023-12-04T22:20:43.080	18,6	0	161	10,5	F	168,2	-38,057	1,1	-48,053
2023-12-04T22:20:58.078	18,6	0	165	10,47	F	168,2	-38,097	1,1	-48,088
2023-12-04T22:21:13.120	18,6	0	169	10,45	F	168,2	-38,137	1,1	-48,123
2023-12-04T22:21:28.100	18,6	0	176	10,4	F	168,2	-38,177	1,1	-48,158
2023-12-04T22:21:43.114	18,3	0	180	10,38	F	168,2	-38,217	1,1	-48,193
2023-12-04T22:21:58.115	18,6	0	181	10,37	F	168,2	-38,257	1,1	-48,228
2023-12-04T22:22:13.080	18,6	0	182	10,37	F	168,2	-38,297	1,1	-48,262
2023-12-04T22:22:28.094	18,6	0	174	10,42	F	168,2	-38,337	1,1	-48,297
2023-12-04T22:22:43.077	18,3	0	176	10,4	F	168,2	-38,377	1,1	-48,331
2023-12-04T22:22:58.120	18,6	0	171	10,44	F	168,1	-38,417	1,1	-48,366
2023-12-04T22:23:13.115	18,6	0	163	10,49	F	168,1	-38,457	1,1	-48,4
2023-12-04T22:23:28.118	18,6	0	165	10,47	F	168,1	-38,496	1,1	-48,435
2023-12-04T22:23:43.099	18,3	0	164	10,48	F	168,1	-38,536	1,1	-48,469
2023-12-04T22:23:58.080	18,6	0	164	10,48	F	168,1	-38,576	1,1	-48,504
2023-12-04T22:24:13.086	18,6	0	164	10,48	F	168,1	-38,616	1,1	-48,538
2023-12-04T22:24:28.085	18,6	0	170	10,44	F	168,1	-38,655	1,1	-48,572

2023-12-04T22:24:43.107	18,6	0	176	10,4	F	168,1	-38,695	1,1	-48,606
2023-12-04T22:24:58.109	18,6	0	177	10,4	F	168,1	-38,734	1,1	-48,64
2023-12-04T22:25:13.096	18,6	0	187	10,34	F	168,1	-38,774	1,1	-48,674
2023-12-04T22:25:28.096	18,6	0	190	10,32	F	168,1	-38,813	1,1	-48,708
2023-12-04T22:25:43.080	18,6	0	190	10,32	F	168,1	-38,853	1,1	-48,742
2023-12-04T22:25:58.092	18,6	0	198	10,27	F	168,1	-38,892	1,1	-48,776
2023-12-04T22:26:13.105	18,6	0	189	10,32	F	168,1	-38,932	1,1	-48,809
2023-12-04T22:26:28.111	18,3	0	185	10,35	F	168,1	-38,971	1,1	-48,843
2023-12-04T22:26:43.088	18,3	0	177	10,4	F	168,1	-39,01	1,1	-48,877
2023-12-04T22:26:58.121	18,5	0	174	10,42	F	168,1	-39,049	1,1	-48,91
2023-12-04T22:27:13.115	18,6	0	176	10,4	F	168,1	-39,089	1,1	-48,944
2023-12-04T22:27:28.084	18,6	0	181	10,37	F	168,1	-39,128	1,1	-48,977
2023-12-04T22:27:43.112	18,6	0	199	10,27	F	168,1	-39,167	1,1	-49,01
2023-12-04T22:27:58.091	18,3	0	202	10,25	F	168,1	-39,206	1,1	-49,044
2023-12-04T22:28:13.093	18,6	0	197	10,28	F	168,1	-39,245	1,1	-49,077
2023-12-04T22:28:28.073	18,6	0	200	10,26	F	168,1	-39,284	1,1	-49,11
2023-12-04T22:28:43.089	18,6	0	200	10,26	F	168,1	-39,323	1,1	-49,143
2023-12-04T22:28:58.100	18,3	0	200	10,26	F	168,1	-39,362	1,1	-49,176
2023-12-04T22:29:13.097	18,6	0	202	10,25	F	168,1	-39,401	1,1	-49,209



2023-12-04T22:29:28.082	18,3	0	211	10,21	F	168,1	-39,44	1,1	-49,242
2023-12-04T22:29:43.078	18,3	0	205	10,24	F	168,1	-39,479	1,1	-49,275
2023-12-04T22:29:58.074	18,6	0	196	10,29	F	168,1	-39,518	1,1	-49,307
2023-12-04T22:30:13.109	18,6	0	198	10,27	F	168,1	-39,557	1,1	-49,34
2023-12-04T22:30:28.116	18,3	0	192	10,31	F	168,1	-39,595	1,1	-49,373
2023-12-04T22:30:43.132	18,6	0	185	10,35	F	168,1	-39,634	1,1	-49,405
2023-12-04T22:30:58.098	18,3	0	191	10,31	F	168,1	-39,673	1,1	-49,438
2023-12-04T22:31:13.092	18,6	0	193	10,3	F	168,1	-39,711	1,1	-49,47
2023-12-04T22:31:28.108	18,6	0	194	10,3	F	168,1	-39,75	1,1	-49,502
2023-12-04T22:31:43.092	18,6	0	197	10,29	F	168,1	-39,789	1,1	-49,535
2023-12-04T22:31:58.078	18,6	0	205	10,24	F	168,1	-39,827	1,1	-49,567
2023-12-04T22:32:13.084	18,3	0	203	10,25	F	168,1	-39,865	1,1	-49,599
2023-12-04T22:32:28.118	18,6	0	198	10,27	F	168,1	-39,904	1,1	-49,631
2023-12-04T22:32:43.088	18,3	0	208	10,22	F	168,1	-39,942	1,1	-49,663
2023-12-04T22:32:58.099	18,3	0	205	10,24	F	168	-39,981	1,1	-49,695
2023-12-04T22:33:13.080	18,6	0	196	10,29	F	168	-40,019	1,1	-49,727
2023-12-04T22:33:28.088	18,6	0	199	10,27	F	168	-40,057	1,1	-49,759
2023-12-04T22:33:43.084	18,6	0	203	10,25	F	168	-40,096	1,1	-49,791
2023-12-04T22:33:58.118	18,6	0	202	10,25	F	168	-40,134	1,1	-49,822

2023-12-04T22:34:13.088	18,3	0	206	10,23	F	168	-40,172	1,1	-49,854
2023-12-04T22:34:28.099	18,3	0	218	10,17	F	168	-40,21	1,1	-49,885
2023-12-04T22:34:43.088	18,6	0	214	10,19	F	168	-40,248	1,1	-49,917
2023-12-04T22:34:58.091	18,6	0	209	10,22	F	168	-40,286	1,1	-49,948
2023-12-04T22:35:13.078	18,6	0	215	10,19	F	168	-40,324	1,1	-49,98
2023-12-04T22:35:28.085	18,6	0	208	10,22	F	168	-40,362	1,1	-50,011
2023-12-04T22:35:43.121	18,3	0	200	10,26	F	168	-40,4	1,1	-50,042
2023-12-04T22:35:58.116	18,6	0	203	10,25	F	168	-40,438	1,1	-50,073
2023-12-04T22:36:13.082	18,6	0	203	10,25	F	168	-40,476	1,1	-50,104
2023-12-04T22:36:28.122	18,3	0	200	10,26	F	168	-40,514	1,1	-50,135
2023-12-04T22:36:43.084	18,6	0	207	10,23	F	168	-40,552	1,1	-50,166
2023-12-04T22:36:58.095	18,6	0	205	10,24	F	168	-40,589	1,1	-50,197
2023-12-04T22:37:13.078	18,6	0	205	10,24	F	168	-40,627	1,1	-50,228
2023-12-04T22:37:28.082	18,6	0	205	10,24	F	168	-40,665	1,1	-50,259
2023-12-04T22:37:43.091	18,6	0	206	10,23	F	168	-40,702	1,1	-50,289
2023-12-04T22:37:58.103	18,6	0	212	10,2	F	168	-40,74	1,1	-50,32
2023-12-04T22:38:13.102	18,6	0	201	10,26	F	168	-40,778	1,1	-50,35
2023-12-04T22:38:28.098	18,6	0	210	10,21	F	168	-40,815	1,1	-50,381
2023-12-04T22:38:43.082	18,6	0	203	10,25	F	168	-40,853	1,1	-50,411

2023-12-04T22:38:58.081	18,6	0	197	10,28	F	168	-40,89	1,1	-50,441
2023-12-04T22:39:13.077	18,6	0	204	10,24	F	168	-40,927	1,1	-50,472
2023-12-04T22:39:28.103	18,6	0	193	10,3	F	168	-40,965	1,1	-50,502
2023-12-04T22:39:43.115	18,6	0	190	10,32	F	168	-41,002	1,1	-50,532
2023-12-04T22:39:58.094	18,6	0	184	10,35	F	168	-41,039	1,1	-50,562
2023-12-04T22:40:13.115	18,6	0	181	10,37	F	168	-41,077	1,1	-50,592
2023-12-04T22:40:28.095	18,3	0	185	10,35	F	168	-41,114	1,1	-50,622
2023-12-04T22:40:43.078	18,6	0	183	10,36	F	168	-41,151	1,1	-50,651
2023-12-04T22:40:58.089	18,6	0	197	10,28	F	168	-41,188	1,1	-50,681
2023-12-04T22:41:13.103	18,6	0	200	10,25	F	168	-41,225	1,1	-50,711
2023-12-04T22:41:28.077	18,6	0	197	10,28	F	168	-41,262	1,1	-50,74
2023-12-04T22:41:43.084	18,6	0	210	10,21	F	168	-41,299	1,1	-50,77
2023-12-04T22:41:58.080	18,6	0	209	10,22	F	168	-41,336	1,1	-50,799
2023-12-04T22:42:13.076	18,6	0	206	10,23	F	168	-41,373	1,1	-50,828
2023-12-04T22:42:28.123	18,6	0	199	10,27	F	168	-41,41	1,1	-50,858
2023-12-04T22:42:43.101	18,6	0	201	10,26	F	168	-41,447	1,1	-50,887
2023-12-04T22:42:58.098	18,6	0	202	10,25	F	168	-41,483	1,1	-50,916
2023-12-04T22:43:13.098	18,6	0	193	10,3	F	167,9	-41,52	1,1	-50,945
2023-12-04T22:43:28.088	18,6	0	193	10,3	F	167,9	-41,557	1,1	-50,974

2023-12-04T22:43:43.078	18,6	0	184	10,35	F	167,9	-41,593	1,1	-51,003
2023-12-04T22:43:58.119	18,6	0	181	10,37	F	167,9	-41,63	1,1	-51,032
2023-12-04T22:44:13.106	18,6	0	188	10,33	F	167,9	-41,667	1,1	-51,06
2023-12-04T22:44:28.117	18,6	0	193	10,3	F	167,9	-41,703	1,1	-51,089
2023-12-04T22:44:43.084	18,6	0	191	10,31	F	167,9	-41,74	1,1	-51,118
2023-12-04T22:44:58.095	18,6	0	199	10,27	F	167,9	-41,776	1,1	-51,146
2023-12-04T22:45:13.080	18,6	0	190	10,32	F	167,9	-41,812	1,1	-51,175
2023-12-04T22:45:28.074	18,6	0	193	10,3	F	167,9	-41,849	1,1	-51,203
2023-12-04T22:45:43.110	18,6	0	190	10,32	F	167,9	-41,885	1,1	-51,231
2023-12-04T22:45:59.090	18,6	0	199	10,27	F	167,9	-41,921	1,1	-51,26
2023-12-04T22:46:13.101	18,6	0	197	10,28	F	167,9	-41,958	1,1	-51,288
2023-12-04T22:46:28.085	18,6	0	190	10,32	F	167,9	-41,994	1,1	-51,316
2023-12-04T22:46:43.092	18,6	0	190	10,32	F	167,9	-42,03	1,1	-51,344
2023-12-04T22:46:58.081	18,6	0	185	10,35	F	167,9	-42,066	1,1	-51,372
2023-12-04T22:47:13.089	18,6	0	178	10,39	F	167,9	-42,102	1,1	-51,399
2023-12-04T22:47:28.106	18,6	0	187	10,34	F	167,9	-42,138	1,1	-51,427
2023-12-04T22:47:43.100	18,6	0	184	10,35	F	167,9	-42,174	1,1	-51,455
2023-12-04T22:47:58.103	18,6	0	196	10,29	F	167,9	-42,21	1,1	-51,482
2023-12-04T22:48:13.097	18,6	0	191	10,31	F	167,9	-42,246	1,1	-51,51

2023-12-04T22:48:28.093	18,6	0	194	10,3	F	167,9	-42,282	1,1	-51,537
2023-12-04T22:48:43.091	18,6	0	196	10,29	F	167,9	-42,317	1,1	-51,565
2023-12-04T22:48:58.076	18,6	0	195	10,29	F	167,9	-42,353	1,1	-51,592
2023-12-04T22:49:13.116	18,6	0	202	10,25	F	167,9	-42,389	1,1	-51,619
2023-12-04T22:49:28.114	18,6	0	205	10,24	F	167,9	-42,424	1,1	-51,646
2023-12-04T22:49:43.112	18,6	0	194	10,3	F	167,9	-42,46	1,1	-51,673
2023-12-04T22:49:58.092	18,6	0	193	10,3	F	167,9	-42,496	1,1	-51,7
2023-12-04T22:50:13.095	18,6	0	185	10,35	F	167,9	-42,531	1,1	-51,727
2023-12-04T22:50:28.092	18,6	0	182	10,37	F	167,9	-42,567	1,1	-51,754
2023-12-04T22:50:43.093	18,6	0	173	10,42	F	167,9	-42,602	1,1	-51,781
2023-12-04T22:50:58.115	18,6	0	174	10,42	F	167,9	-42,637	1,1	-51,808
2023-12-04T22:51:13.101	18,6	0	175	10,41	F	167,9	-42,673	1,1	-51,834
2023-12-04T22:51:28.117	18,6	0	171	10,44	F	167,9	-42,708	1,1	-51,861
2023-12-04T22:51:43.101	18,6	0	175	10,41	F	167,9	-42,743	1,1	-51,887
2023-12-04T22:51:58.094	18,6	0	176	10,4	F	167,9	-42,779	1,1	-51,913
2023-12-04T22:52:13.071	18,6	0	172	10,43	F	167,9	-42,814	1,1	-51,94
2023-12-04T22:52:28.090	18,6	0	176	10,4	F	167,9	-42,849	1,1	-51,966
2023-12-04T22:52:43.093	18,6	0	174	10,42	F	167,9	-42,884	1,1	-51,992
2023-12-04T22:52:58.090	18,6	0	171	10,44	F	167,9	-42,919	1,1	-52,018

2023-12-04T22:53:13.101	18,6	0	172	10,43	F	167,8	-42,954	1,1	-52,044
2023-12-04T22:53:28.118	18,6	0	174	10,42	F	167,8	-42,989	1,1	-52,07
2023-12-04T22:53:43.097	18,6	0	178	10,39	F	167,8	-43,024	1,1	-52,095
2023-12-04T22:53:58.076	18,6	0	179	10,38	F	167,8	-43,059	1,1	-52,121
2023-12-04T22:54:13.092	18,6	0	189	10,32	F	167,8	-43,093	1,1	-52,147
2023-12-04T22:54:28.106	18,6	0	196	10,29	F	167,8	-43,128	1,1	-52,172
2023-12-04T22:54:43.104	18,6	0	191	10,31	F	167,8	-43,163	1,1	-52,198
2023-12-04T22:54:58.101	18,6	0	195	10,29	F	167,8	-43,197	1,1	-52,223
2023-12-04T22:55:13.108	18,6	0	196	10,29	F	167,8	-43,232	1,1	-52,248
2023-12-04T22:55:28.081	18,6	0	190	10,32	F	167,8	-43,267	1,1	-52,274
2023-12-04T22:55:43.103	18,6	0	189	10,32	F	167,8	-43,301	1,1	-52,299
2023-12-04T22:55:58.083	18,6	0	187	10,34	F	167,8	-43,336	1,1	-52,324
2023-12-04T22:56:13.107	18,6	0	189	10,32	F	167,8	-43,37	1,1	-52,349
2023-12-04T22:56:28.111	18,6	0	184	10,35	F	167,8	-43,404	1,1	-52,374
2023-12-04T22:56:43.095	18,6	0	197	10,28	F	167,8	-43,439	1,1	-52,398
2023-12-04T22:56:58.092	18,6	0	201	10,26	F	167,8	-43,473	1,1	-52,423
2023-12-04T22:57:13.078	18,6	0	195	10,29	F	167,8	-43,507	1,1	-52,448
2023-12-04T22:57:28.092	18,6	0	197	10,28	F	167,8	-43,541	1,1	-52,472
2023-12-04T22:57:43.089	18,6	0	189	10,32	F	167,8	-43,576	1,1	-52,497

2023-12-04T22:57:58.113	18,6	0	185	10,35	F	167,8	-43,61	1,1	-52,521
2023-12-04T22:58:13.112	18,6	0	182	10,37	F	167,8	-43,644	1,1	-52,545
2023-12-04T22:58:28.092	18,6	0	180	10,38	F	167,8	-43,678	1,1	-52,569
2023-12-04T22:58:43.076	18,6	0	176	10,4	F	167,8	-43,712	1,1	-52,594
2023-12-04T22:58:58.092	18,6	0	168	10,45	F	167,8	-43,745	1,1	-52,618
2023-12-04T22:59:13.103	18,6	0	174	10,42	F	167,8	-43,779	1,1	-52,641
2023-12-04T22:59:28.083	18,6	0	173	10,42	F	167,8	-43,813	1,1	-52,665
2023-12-04T22:59:43.113	18,6	0	170	10,44	F	167,8	-43,847	1,1	-52,689
2023-12-04T22:59:58.112	18,6	0	176	10,4	F	167,8	-43,881	1,1	-52,713
2023-12-04T23:00:13.093	18,6	0	175	10,41	F	167,8	-43,914	1,1	-52,736
2023-12-04T23:00:28.091	18,6	0	174	10,42	F	167,8	-43,948	1,1	-52,76
2023-12-04T23:00:43.104	18,6	0	177	10,4	F	167,8	-43,981	1,1	-52,783
2023-12-04T23:00:58.089	18,6	0	183	10,36	F	167,8	-44,015	1,1	-52,807
2023-12-04T23:01:13.114	18,6	0	183	10,36	F	167,8	-44,048	1,1	-52,83
2023-12-04T23:01:28.069	18,6	0	175	10,41	F	167,8	-44,082	1,1	-52,853
2023-12-04T23:01:43.103	18,6	0	173	10,42	F	167,8	-44,115	1,1	-52,876
2023-12-04T23:01:58.099	18,6	0	180	10,38	F	167,8	-44,148	1,1	-52,899
2023-12-04T23:02:13.092	18,6	0	181	10,37	F	167,8	-44,182	1,1	-52,922
2023-12-04T23:02:28.099	18,6	0	194	10,3	F	167,8	-44,215	1,1	-52,945

2023-12-04T23:02:43.077	18,6	0	190	10,32	F	167,8	-44,248	1,1	-52,968
2023-12-04T23:02:58.073	18,6	0	183	10,36	F	167,8	-44,281	1,1	-52,99

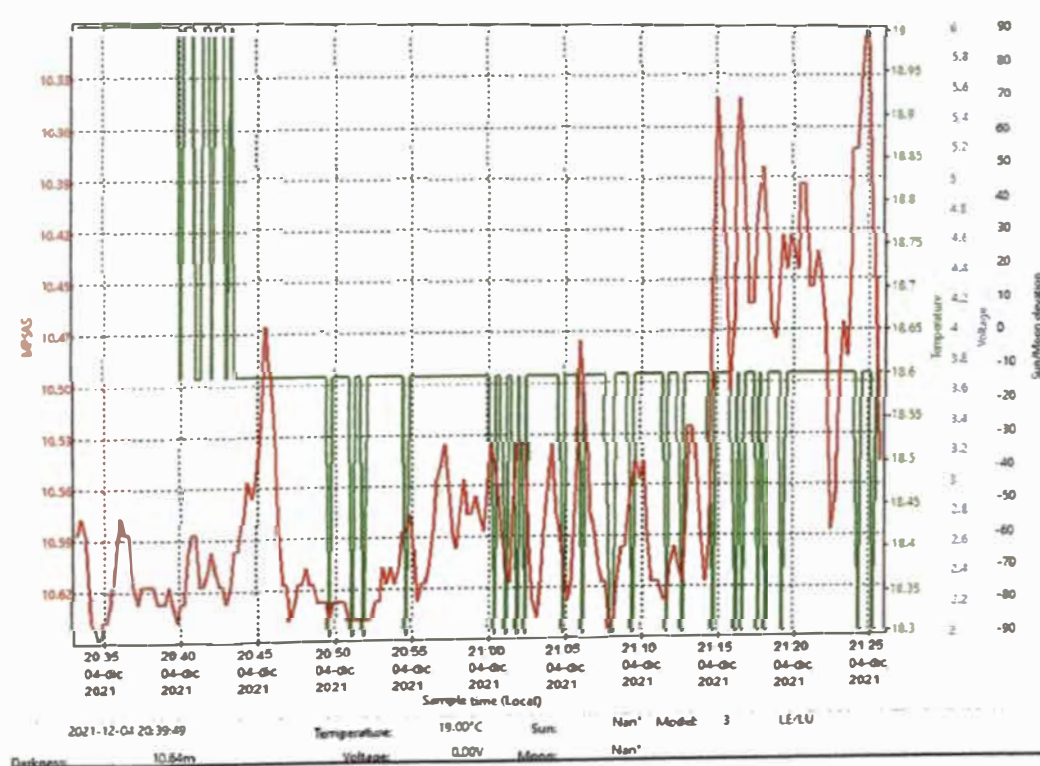
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.9. Curvas características de los resultados de la calidad del cielo nocturno

##### a) Curvas del primer intervalo de tiempo

En la figura 40 se presenta la gráfica de la variación de la temperatura ambiente y de su influencia en la calidad del cielo nocturno vs los lapsos preestablecidos en la configuración del equipo.

Figura 40. Gráfica de datos obtenidos en el primer intervalo.



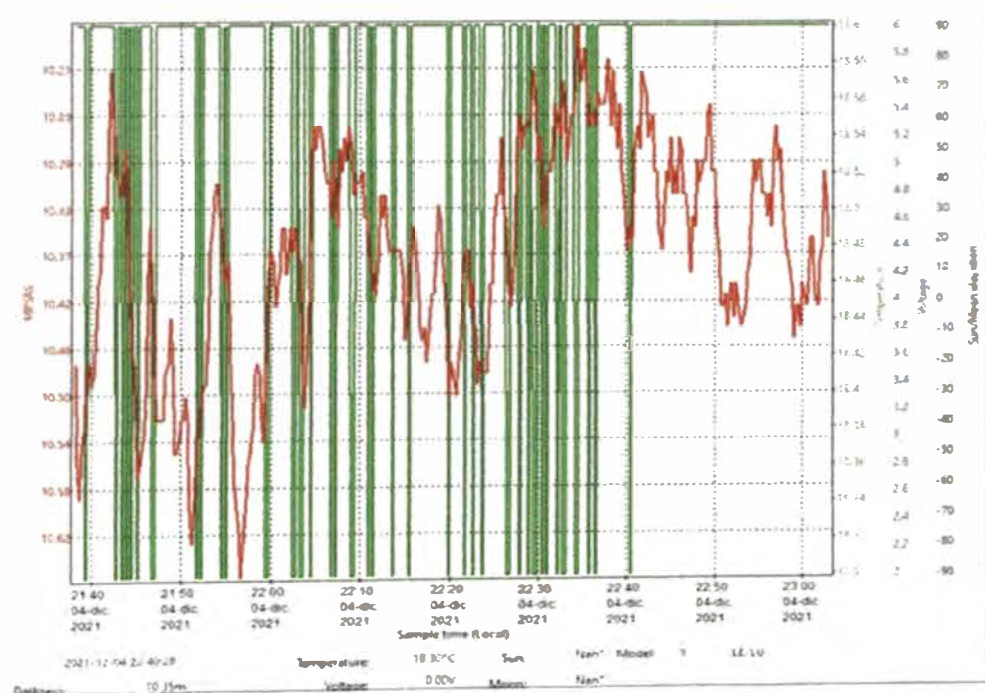


Fuente: Elaboración propia.

### c) Curvas del segundo intervalo de tiempo

En la figura 41 se presenta la gráfica de la variación de la temperatura ambiente y de su influencia en la calidad del cielo nocturno vs los lapsos preestablecidos en la configuración del equipo.

Figura 41. Gráfica de datos obtenidos en el primer intervalo.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.10. Interpretación de los resultados de los datos obtenidos

a) Valores máximos, mínimos y promedios de los datos obtenidos con el SQM en el primer intervalo.

Tabla 10. Promedio de temperaturas obtenido en el primer intervalo.

Vmáx Temperatura (°C)	Vmín Temperatura (°C)	Vpromedio (°C)	Frecuencia (Hz)
19	18.3	18.64	152.53

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 11. Promedio de brillo nocturno obtenido en el primer intervalo.

Brillo del cielo Máx. (mag/arcsec <sup>2</sup> )	Brillo del cielo Mín. (mag/arcsec <sup>2</sup> )	Brillo del cielo Prom. (mag/arcsec <sup>2</sup> )
10.65	10.3	10.56

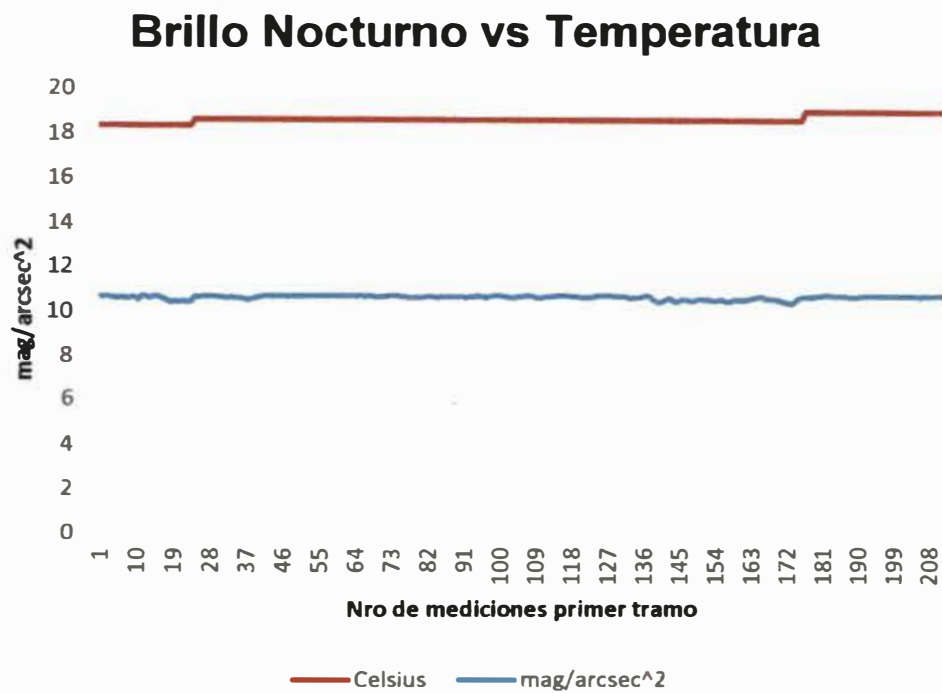
*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 12. Promedio de iluminancia natural de la luna obtenido en el primer intervalo.

Porcentaje de iluminación de la luna Máx. (Moonllum%)	Porcentaje de iluminación de la luna Mín. (Moonllum%)	Porcentaje de iluminación de la luna Prom. (Moonllum%)
1	0.9	0.92

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 13. Gráfica brillo del cielo vs temperatura en el primer intervalo.



Fuente: Elaboración propia.

- b) Valores máximos, mínimos y promedios de los datos obtenidos con el SQM en el segundo intervalo.

Tabla 14. Promedio de temperaturas obtenidos en el segundo intervalo.

Vmáx temperatura (°C)	Vmín temperatura (°C)	Vpromedio (°C)	Frecuencia (Hz)
18.6	18.3	18.56	181.99

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15. Promedio de brillo nocturno obtenidos en el segundo intervalo.**

<b>Brillo del cielo Máx. (mag/arcsec<sup>2</sup>)</b>	<b>Brillo del cielo Mín. (mag/arcsec<sup>2</sup>)</b>	<b>Brillo del cielo Prom. (mag/arcsec<sup>2</sup>)</b>
10.66	10.17	10.37

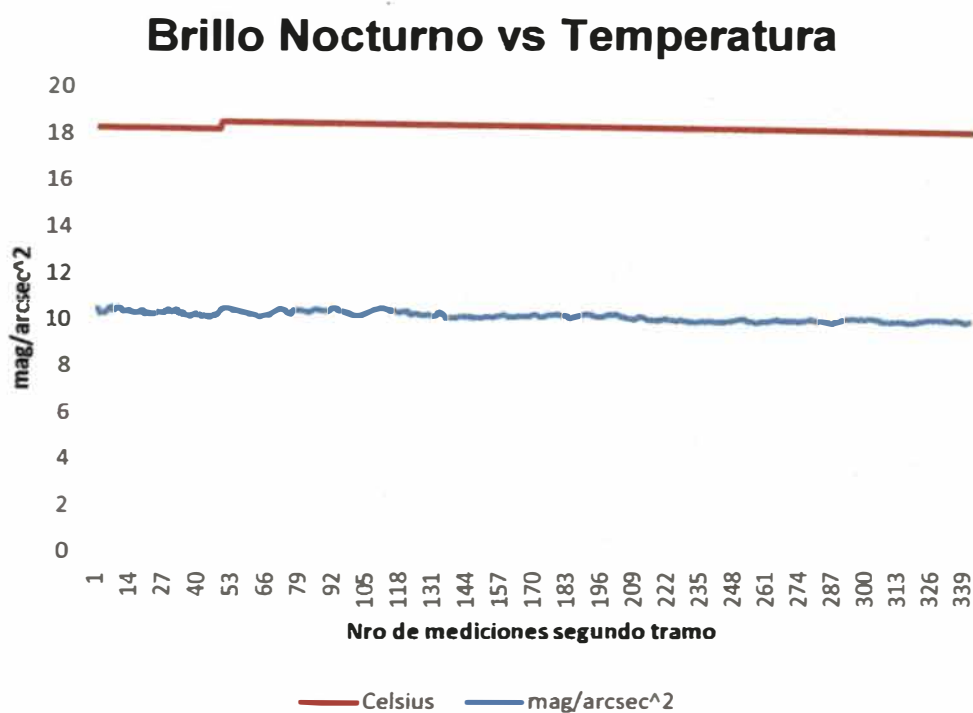
*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 16. Promedio de iluminancia natural de la luna obtenidos en el segundo intervalo.**

<b>Porcentaje de iluminación de la luna Máx. (Moonllum%)</b>	<b>Porcentaje de iluminación de la luna Mín. (Moonllum%)</b>	<b>Porcentaje de iluminación de la luna Prom. (Moonllum%)</b>
1.1	1	1.06

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 17. Gráfica brillo del cielo vs temperatura en el segundo intervalo.



*Fuente: Elaboración propia.*

La variación del brillo nocturno con respecto al cambio de temperatura muestra una relación inversamente proporcional, es decir que mientras la temperatura del ambiente aumente conforme pasa el tiempo, disminuirán los valores del brillo del cielo; y si en cambio, la temperatura del ambiente disminuye, aumenta los valores del brillo nocturno. En este primer tramo de mediciones, como la temperatura varió desde un mínimo de 18.3°C a 19°C, el cambio significativo de valores no varió demasiado, por lo que podemos tomar y tener en cuenta el promedio de los valores máximos y

mínimos obtenidos para el brillo nocturno los cuales varían desde 10.65 a 10.3 mag/arcsec<sup>2</sup>. Para interpretar los resultados con una mayor facilidad vamos a destacar los valores que tienen como promedio una temperatura de 18.64°C y un brillo nocturno promedio de 10.56 mag/arcsec<sup>2</sup> con una frecuencia promedio de 152.53 Hz con un porcentaje promedio de la iluminación de la luna del 0.92% aceptable para la toma de datos.

Para interpretar los resultados máximos y mínimos de las mediciones del segundo tramo como es en la temperatura que varía desde 18.3°C a 18.6°C, vemos que el cambio no resulta ser tan significativo al usar su valor promedio, asimismo los valores máximos y mínimos para el valor del brillo nocturno varían desde 10.66 a 10.17 mag/arcsec<sup>2</sup>. Para poder interpretar los resultados con una mayor facilidad vamos a tomar sus valores promedios, para la temperatura 18.56°C y un brillo nocturno promedio de 10.37 mag/arcsec<sup>2</sup> con una frecuencia promedio de 181.99 Hz con un porcentaje promedio de la iluminación de la luna del 1.06% aceptable para la toma de datos.

Como el valor de la medición promedio del brillo nocturno de las mediciones en el primer tramo resulto un valor de 10.56 mag/arcsec<sup>2</sup>, y en el segundo tramo de 10.37 mag/arcsec<sup>2</sup>; podemos decir que la calificación de la zona de estudio se encuentra dentro del rango de muy deficiente debido a que su valor es menor

a 17.50 mag/arcsec<sup>2</sup>, el cual se puede evidenciar debido a la presencia de muy pocas estrellas observables, demasiada interferencia luminosa (contaminación lumínica de la zona) y la humedad de la zona entre otros parámetros secundarios. El cielo se muestra afectado por fuentes de luz artificial, ya que se encuentra cercana a ciudades muy grandes (centro de Lima), son frecuentes en estas zonas de área urbana un valor bajo de la calidad del cielo nocturno, la presencia de nubes aumenta el brillo del cielo lo que se traduce como una disminución de sus unidades en mag/arcsec<sup>2</sup>.

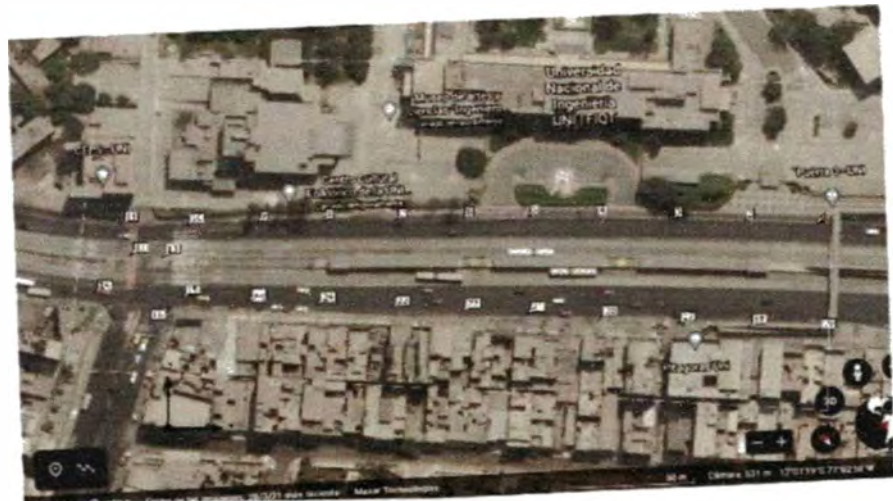
## 4.2. Propuesta de mejora del diseño de iluminación

### 4.2.1. Método de interacción del Dialux Evo con Google Maps

La medición del espacio de trabajo para ser analizada en el software Dialux Evo, contiene una interfaz con Google Maps, por el cual nos facilitará realizar la determinación de los puntos ubicados en los postes que se marcaron previamente para obtener los valores de iluminancia promedio por zonas o vanos que comprenden de un poste al siguiente.

Figura 42. Determinación de los vanos de estudio en el software Dialux Evo.

Territorio 1  
Plano de situación de luminarias



*Fuente: Elaboración propia.*



#### 4.2.2. Identificación de luminarias para ser incluidas en el software

Las luminarias normadas a utilizar para la simulación de estos tramos de la Av. Tupac Amaru son las luminarias LED con socket NEMA 7 pin brindada por el fabricante NVC Internacional, *Road Ligth*. Estas van distribuidas a lo largo de la avenida de la siguiente manera:

1. En la vereda pegada a la UNI y en su frontis se evidencia un solo poste por vano, aproximadamente a 13 m del nivel del suelo.
2. En la zona intermedia de la Av. Tupac Amaru no se consideran luminarias pues no se cuenta con instalaciones realizadas por la empresa concesionaria, por el hecho de encontrarse una estación del Metropolitano que cuenta con sus propias luminarias internas.
3. La iluminación emitida por los anuncios publicitarios no se tomará en cuenta en la simulación.
4. Con un total de 25 luminarias identificadas en la zona de trabajo, con una potencia nominal de 400W tenemos: (Ver diagrama polar en anexos)

Figura 43. Identificación de luminarias para el software Dialux Evo.

**DIALux**

**Lista de luminarias**

URL	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	●	Rendimiento lumínico
25	NVC Innovations	NBM009M00 W	Road Light	400 0 W	30255 lm	75,6 lm/W

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.3. Determinación de los promedios de iluminancia obtenidas con el software Dialux por vanos

Para realizar los cálculos de acuerdo con la Norma Técnica DGE “Alumbrado de vías y Espacios Públicos” con la ayuda del software Dialux Evo, vamos a establecer zonas o vanos de trabajo, teniendo un total de 20 vanos, como se muestra en la siguiente figura.

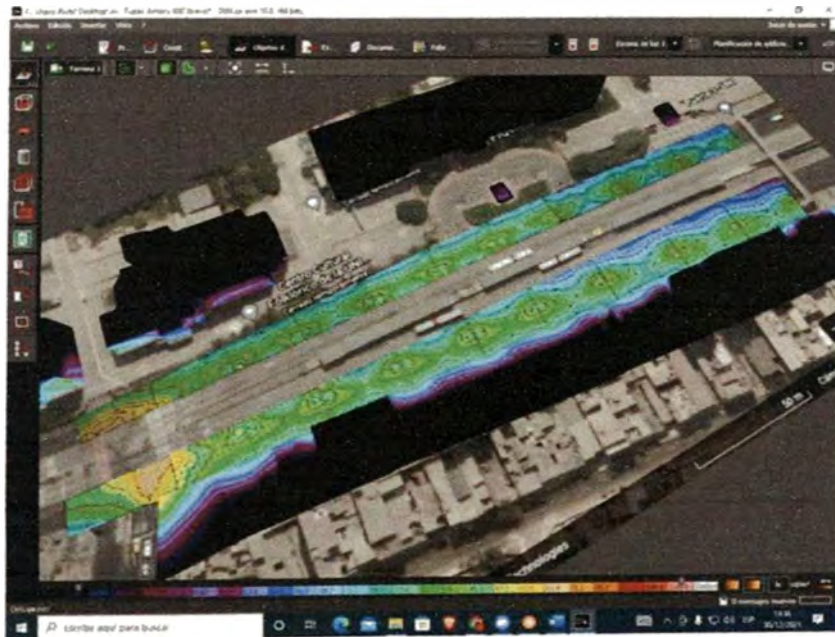
Figura 44. Identificación de los vanos en el Dialux Evo.

Terreno 1 (Escena de luz 1)  
Objetos de cálculo



*Fuente: Elaboración propia, extraída del Dialux Evo.*

Figura 45. Objetos de cálculo de vanos en el área de trabajo.



*Fuente: Elaboración propia, extraída del Dialux Evo.*

Una vez determinados los vanos, realizamos el cálculo de iluminancias mínimas, máximas y promedio, obteniendo de esta manera la siguiente información correspondiente a estos cálculos:

Figura 46. Tablas de resultados simulación en Dialux Evo.

Superficie de cálculo

Propiedades	E	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
Superficie de cálculo 16 Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	28.3 lx	19.7 lx	43.4 lx	0.70	0.45	CG1
Superficie de cálculo 17 Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	27.8 lx	19.0 lx	43.0 lx	0.68	0.44	CG2
Superficie de cálculo 18 Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	30.8 lx	22.0 lx	44.5 lx	0.71	0.49	CG3
Superficie de cálculo 19 Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.8 lx	22.9 lx	45.1 lx	0.72	0.51	CG4

Superficie de cálculo 20 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.7 lx	22.5 lx	44.7 lx	0.71	0.50	CG5
Superficie de cálculo 21 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.6 lx	22.3 lx	45.9 lx	0.71	0.49	CG6
Superficie de cálculo 22 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	33.4 lx	24.4 lx	47.6 lx	0.73	0.51	CG7
Superficie de cálculo 23 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	36.7 lx	24.8 lx	58.1 lx	0.68	0.43	CG8
Superficie de cálculo 24 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	54.0 lx	37.4 lx	67.8 lx	0.69	0.55	CG9
Superficie de cálculo 25 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	47.5 lx	21.9 lx	69.1 lx	0.46	0.32	CG10
Superficie de cálculo 26 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	40.5 lx	26.3 lx	59.3 lx	0.65	0.44	CG11
Superficie de cálculo 27 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	33.8 lx	23.4 lx	46.3 lx	0.69	0.51	CG12
Superficie de cálculo 28 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	32.1 lx	24.2 lx	44.6 lx	0.75	0.54	CG13
Superficie de cálculo 29 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.7 lx	23.0 lx	45.2 lx	0.73	0.51	CG14
Superficie de cálculo 30 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.8 lx	21.8 lx	47.3 lx	0.69	0.46	CG15
Superficie de cálculo 31 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	28.5 lx	18.0 lx	44.3 lx	0.63	0.41	CG16
Superficie de cálculo 32 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	26.2 lx	15.7 lx	43.2 lx	0.60	0.36	CG17
Superficie de cálculo 33 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	26.8 lx	14.1 lx	42.8 lx	0.53	0.33	CG18
Superficie de cálculo 34 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	24.8 lx	11.7 lx	42.1 lx	0.45	0.26	CG19
Superficie de cálculo 35 Dominancia perpendicular Altura: 0.000 m	25.6 lx	14.7 lx	39.5 lx	0.65	0.47	CG20

*Fuente: Elaboración propia, extraída del Dialux Evo.*

## a) Relación de entomo en los vanos normados con la simulación

### Dialux Evo

El uso de este software ya nos brinda los valores que necesitamos, esto lo podemos visualizar con los valores asignados

a la columna  $g1$ . Para trabajar bajo un solo valor obtendremos el promedio de los vanos.

$$SR = \overline{g1} = \frac{\sum g1}{n} \dots (6)$$

Donde:

$\sum g1$  = Sumatoria de valores de  $g1$ .

$n$  = Cantidad de mediciones.

Por lo tanto, de la Ecuación 6 obtenemos:

$$SR = \frac{13.16}{20} = 0.65$$

b) Cálculo de la uniformidad media de iluminación con la simulación Dialux Evo

El valor de la uniformidad media también nos lo brinda el software, pero lo realiza para cada vano, y para trabajar en un solo valor vamos a trabajar con el promedio. Esto lo vamos a encontrar en la comuna  $g2$  de la tabla.

$$g2 = \overline{U_m} = \frac{\sum U_m}{n} \dots (7)$$

Donde:

$\sum U_m$  = Iluminancia mínima de la calzada.

$n$  = cantidad de vanos analizados

Por lo tanto, de la Ecuación 7 obtenemos:

$$\bar{U}_m = \frac{\sum U_m}{n} = \frac{8.02}{20} = 0.40$$

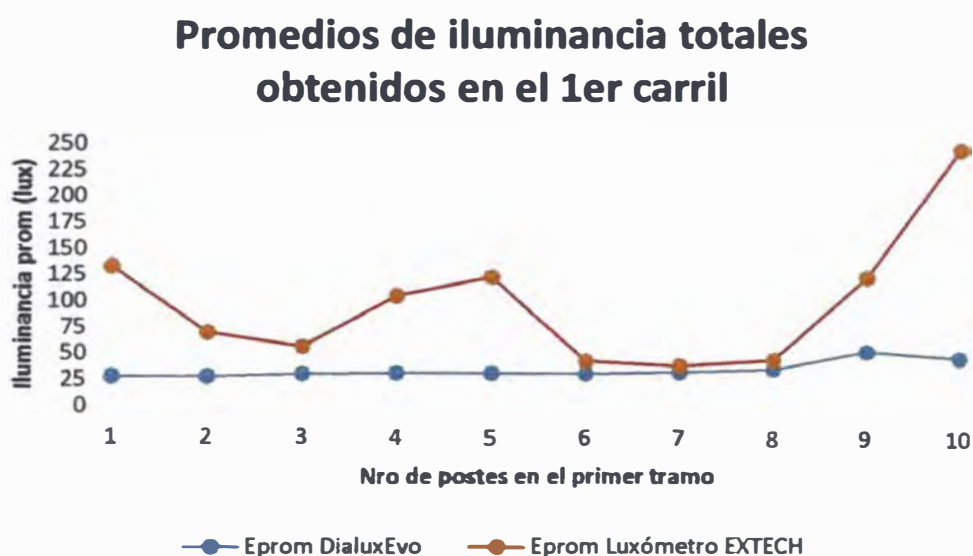
#### 4.2.4. Comparación cuantitativa de los valores obtenidos en campo y la simulación en Dialux, y exceso porcentual

Tabla 18. Comparación de resultados en campo y simulación en Dialux Evo primer carril.

ANÁLISIS CUANTITATIVO PRIMER CARRIL			
Tramo	Eprom (lx) Dialux Evo	Eprom (lx) Luxómetro	Exceso de luxes
1	28.3	133.14	370.44%
2	27.8	70.01	151.83%
3	30.8	57.13	85.49%
4	31.8	105.91	233.05%
5	31.7	124.50	292.73%
6	31.6	43.73	38.38%
7	33.4	39.49	18.22%
8	36.7	45.53	24.05%
9	54.0	125.40	132.22%
10	47.5	249.29	424.82%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Comparación de resultados en campo vs simulación en Dialux Evo primer carril.



*Fuente: Elaboración propia.*

Se puede apreciar en la Tabla 19 que hay una notable diferencia en los resultados obtenidos en la simulación y los obtenidos en campo para el primer poste. Estas tablas nos indican que los valores medidos actuales están muy por encima que lo que la norma europea indica (el software Dialux Evo trabaja bajo la norma DIN EN 1838:2019-11). Si hacemos un análisis detallado por vano observamos que las más cercanas a los extremos superan el 300% de exceso, los factores pueden deberse a muchas cosas, como por ejemplo: que en lugar hay un aviso publicitario de considerable tamaño que aumenta los valores de los luxes, o que se trate de una zona de conflicto (por ser una intersección) y por último, de hecho es



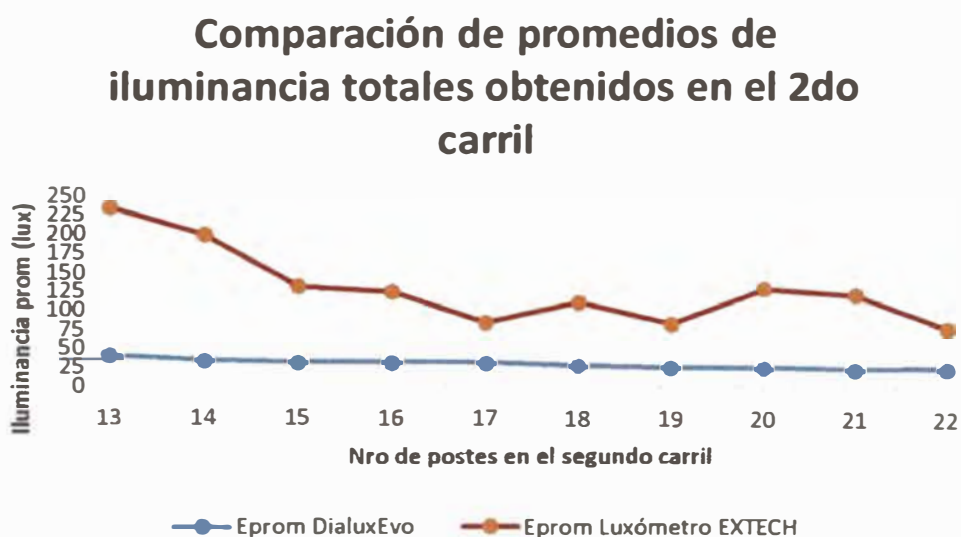
las más coherente, que las luminarias de vapor de sodio a alta presión tienen una desventaja notable frente a las luminarias tipo LED.

Tabla 20. Comparación de resultados en campo y simulación en Dialux Evo segundo carril.

ANÁLISIS CUANTITATIVO SEGUNDO CARRIL			
Tramo	Eprom (lx) Dialux Evo	Eprom (lx) Luxómetro	Exceso de luxes
13	40.5	235.78	482.18%
14	33.8	200.10	492.02%
15	32.1	133.21	314.98%
16	31.7	126.35	298.57%
17	31.8	85.44	168.69%
18	28.5	112.81	295.83%
19	26.2	84.74	223.43%
20	26.8	132.05	392.72%
21	24.8	124.28	401.14%
22	25.6	79.43	210.27%

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 21. Comparación de resultados en campo vs simulación en Dialux Evo segundo carril.



*Fuente: Elaboración propia.*

Se puede observar en la Tabla 21 que las medidas de luxes con el luxómetro son igual de mayores que los valores de la simulación. Es muy probable que la diferencia de resultados en cada carril se deba a que en el segundo carril se encuentra una zona comercial formal e informal (la informalidad se debe al crecimiento de la población del lugar y sus necesidades), y el uso indiscriminado de luminarias. Asimismo, las áreas cerca al poste n°13 es afectado por el uso de los avisos publicitarios, por esa razón observamos un valor superior a los 225 luxes.

#### 4.2.5. Mejora del diseño de iluminación en base a la calidad del cielo nocturno y creación de una nueva escala

Los valores de la calidad del cielo nocturno en la zona es de promedio 10 mag/arcsec<sup>2</sup> la mayor parte del tiempo, ello nos permite establecer al cielo de la zona como deficiente según la tabla europea, sin embargo, para este tipo de ambiente es necesario emplear una nueva escala de medición debido a los factores orográficos. Con ello la medida de 10 mag/arcsec<sup>2</sup> se encontrará en el rango de calidad aceptable.

Tabla 22. Tabla propuesta de la calidad del cielo nocturno.

Clase	Título	Color	Mag/arcsec <sup>2</sup>
1	Cielo rural	Negro	11.5 – 11.1
2	Ubicación con cielo nocturno típico	Gris	11 - 10.6
3	Transición entre cielo rural y periurbano	Azul	10.5 – 10.1
4	Ubicación con cielo nocturno aceptable	Verde	10 – 9.4
5	Cielo periurbano	Amarillo	9.3 – 8.9
6	Transición entre cielo periurbano y urbano	Rojo	8.8 – 8.4
7	Cielo urbano	Blanco	8.3 – 7.9
8	Cielo centro de la ciudad	Blanco	7.8 – 7.5

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS, DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

En este capítulo se va a realizar la discusión de los resultados y la contrastación de las hipótesis propuestas. Encontramos en esta nueva norma las propuestas del uso de los avances tecnológicos que involucran la telegestión y las luminarias LED, por lo que haremos un contraste gracias a los resultados.

#### 5.1. Discusión de resultados

- Del diseño de iluminación en la vía arterial Tupac Amaru

A través del desarrollo de la tesis se ha logrado obtener los valores significativos de iluminancia (en luxes) con los métodos empíricos (toma de datos con el equipo luxómetro) y, asimismo, obtener los valores mediante una simulación el software Dialux Evo, que dicho sea se regula en la normativa europea DIN EN 1838:2019-11. Con estos datos se realiza la evaluación de los rangos de valores que la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías y Espacios Públicos” indican.

Partimos entonces desde el valor mínimo promedio obtenido con el luxómetro en campo de manera empírica, vemos que este dato corresponde a una medida de 39.49 luxes cerca del tramo 7 del

primer carril, este valor se encuentra en lo establecido (30 a 40 luxes de iluminancia media en vías arteriales) y se debe principalmente a que en este vano no existe más que una lámpara de vapor de sodio de alta presión, y, además, esta lámpara tiene una antigüedad de más de 20 años desde su instalación. Gracias a este último dato necesitamos proponer el cambio inevitable de las lámparas actuales por las lámparas LED con socket NEMA, para que sea acoplado a la red inteligente, debido a sus múltiples ventajas. Su desperdicio energético es 100 veces menor.

El máximo valor promedio corresponde a 249.29 luxes cerca del tramo 10 del primer carril, esta medida está muy por encima del valor establecido en la norma y es excesivo en comparación con el valor obtenido en la simulación (424.82% en exceso). Podemos inferir que a este valor se le suman la influencia de agentes externos como los avisos publicitarios informales y las iluminancias parasitas provenientes del comercio informal, y como no mencionar también que esta intersección debe clasificarse como una zona de conflicto lumínico. Estos valores nos evidencian el problema de la contaminación lumínica y sus efectos negativos, como la alteración del ciclo circadiano y el derroche energético.

Entonces, nuestra propuesta de mejora del cambio de las luminarias de vapor de sodio a alta presión por las lámparas LED con socket NEMA para acoplarlo a las redes inteligentes y que a

través de una programación autónoma en los centros de telegestión se puedan establecer rangos de luxes en cierto horario, con los datos de entrada obtenidos en este trabajo es una propuesta viable. Con ello mejoramos las dimensiones e indicadores de iluminación logrando permanecer en el rango deseado. Las ventajas numéricas de las tecnologías modernas lo podemos ver en el apartado de los anexos (ver anexos).

Tabla 23. Estándares de calidad de iluminación de la vía arterial.

Parámetros de iluminación	Valores lumínicos actuales		Valores lumínicos propuestos	
	SR1	0.91	SRn	0.65
Um1	0.41	Umn	0.40	
Iluminancia	(35-310) lux	Iluminancia	(11-69) lux	

*Fuente: Elaboración propia.*

- Del diseño de iluminación en base a la calidad del cielo nocturno

Como hemos visto, la evaluación de la calidad del cielo nocturno tiene una gran influencia en la percepción de iluminancia de una determinada zona de interés. La información obtenida de la parte experimental, sobre la calidad del cielo nocturno, nos muestra un valor aproximado del cielo nocturno de 10 mag/arcsec<sup>2</sup> cerca de los vanos estudiados, y al ubicar este valor en la tabla de calidad (según normativa europea) encontramos que este valor está muy por debajo de siquiera una baja calidad del cielo nocturno (17 mag/arcsec<sup>2</sup>).

Sabemos que la mayor parte del año la ciudad de Lima permanece nublada y con alta influencia de la luz natural (de la luna). Teniendo en cuenta este factor y sabiendo que influenciará todo el tiempo la percepción de la iluminancia, proponemos una corrección de ingeniería y es que la tabla de calidad del cielo nocturno debe tener nuevos rangos para las vías arteriales de nuestro país; estos deben ajustarse más a la realidad de nuestro entorno y deben estar basados en la Norma Técnica DGE y la CIE 140-2000, pues de lo contrario vamos a cometer constantemente un error. Con estos alcances cumplimos nuestros objetivos de proponer nuevas medidas en base a la Norma Técnica DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos".

- Del diseño de iluminación en cuanto al derroche energético

Gracias a la simulación del estudio de los vanos de la zona y los valores de energía utilizada, tenemos aproximaciones del consumo energético. Así que, sabemos que aproximadamente el sistema de alumbrado público en la zona tiene una energía consumida anual de 1526.02 MWh<sup>11</sup>, este valor se traduce a un monto aproximado de S/ 1,023,958.078. Si implementamos las propuestas de mejora en el diseño de iluminación, la energía consumida anual es de 627.64 MWh, y en términos monetarios estamos hablando de un monto S/

---

<sup>11</sup> Valor referenciado en el trabajo profesional "Mejoramiento del diseño de iluminación del alumbrado público actual del Perú, basado en estándares de calidad según el comité europeo de normalización". Manuel Gamarra. 2021.



421,146.44 anuales. Tenemos entonces una reducción de S/ 602,811.638 que, para cualquier Empresa de Distribución Eléctrica (EDE), es un ahorro significativo; y a la población se le refleja en la reducción de sus tarifas eléctricas mensuales. Es importante resaltar que estos valores son datos estimados y que mediante un modelo de control se pueden obtener valores con mayor exactitud.

## 5.2. Contratación de la hipótesis

Con la información obtenida en todos los acápite anteriores, vamos a contrastar nuestra hipótesis general donde indicamos que *con la mejora en el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru basado en la norma RM N°460-2021-MINEM-DM, se reduce el impacto de la Contaminación Lumínica y sus efectos negativos derivados de este concepto*, esto se verifica ya que en la página 131 de la tabla 25 vemos que hemos reducido los valores de los parámetros lumínicos con lo que también se reducen los efectos negativos de la contaminación lumínica como lo son las alteraciones en el ciclo circadiano y el derroche energético.

Al contrastar la H1 que indica que *con la evaluación del estado situacional en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación se observa una deficiencia actual en el diseño*, esto se afirma ya que en la página 64 y 67 de las tablas 6 y 8 obtenemos valores por encima de lo permitido, lo que nos indica la deficiencia del diseño.

Al contrastar la H2 que indica que *a través de la comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación se evidencia la presencia de contaminación lumínica*, se afirma puesto que en la página 120 y 125 de las tablas 20 y 22 observamos los porcentajes en exceso que generan la CL.

Al contrastar la H3 que indica que *se consigue regular el ciclo circadiano en la salud humana efectuando la medición de la calidad del cielo nocturno y proponiendo una nueva escala con base en la norma CIE 140-2000*, no se afirma puesto que estos parámetros no están directamente relacionados, se necesita de un análisis extra y minucioso para contrastarlo.

Finalmente, al contrastar la H4 que indica que *se proponen correcciones de ingeniería que adecuan la iluminación de vías arteriales en base a la norma RM N°460- 2021-MINEM-DM*, se afirma puesto que con la mejora en el diseño son viables las correcciones que adecuan la iluminación con base a la norma planteada.

## CONCLUSIONES

- Se mejora el diseño de iluminación actual de la vía arterial Av. Tupac Amaru con los fundamentos de la norma actualizada RM N°460-2021-MINEM-DM.
- Se mejora el diseño de iluminación con la variación porcentual de la relación de entorno (SR) en 28.57% menos, este parámetro de comparación favorece la relación entre la iluminancia media de la calzada y de la vereda, mitigando el exceso.
- Se mejora el diseño de iluminación con el parámetro de iluminancia media ( $U_m$ ) en 2.44% menos, con esto nos encontramos dentro del valor de la norma y con ello favorecemos la relación de la iluminancia mínima con la iluminancia media.
- Se evidencia la presencia de la contaminación lumínica por el exceso porcentual de los valores promedios (exceso mín. 218.18% y exceso máximo 349.27%).
- La norma RM N°460-2021-MINEM-DM permite categorizar a la Av. Tupac Amaru como una vía arterial (a la fecha de elaboración esta tesis). Se comprende y luego se eligen aquellos parámetros que se deben analizar para futuras evaluaciones, los principales son: valor de la iluminancia media por vanos y la calidad del cielo nocturno.

- El valor de 10 mag/arcsec<sup>2</sup> es el valor normalizado de la calidad del cielo en las vías arteriales nacionales, un valor por debajo de 7.5 mag/arcsec<sup>2</sup> indicará un brillo nocturno deficiente.
- Con el uso de lámparas LED, la telegestión y las redes inteligentes disminuimos el derroche de energía que causa la contaminación lumínica, ya que estas correcciones generan un 58.8% de ahorro económico.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar las nuevas tecnologías de manera gradual, porque una incorrecta aplicación puede ser determinante de una nueva forma de contaminación lumínica a pesar de los beneficios de la telegestión y de las lámparas LED.
- Se sugiere entablar relaciones concretas entre las entidades públicas como los ministerios o las municipalidades, y las empresas privadas de distribución eléctrica para realizar un trabajo conjunto en la mitigación de los efectos negativos provenientes de la contaminación lumínica que la Ley N°31316 establece.
- Para un mayor análisis de las denominadas zonas de conflicto lumínico, se recomienda profundizar en las consideraciones que la norma RM N°460-2021-MINEM-DM indica, estas zonas son los cruces, intersecciones, rotondas, reducciones de carriles o disminución del ancho de la calzada.
- Para las mediciones con el SQM-LU se recomienda ubicarse en los lugares más elevados de la zona, con el fin de evitar que se afecten por el entorno. Además, se recomienda realizar las mediciones a partir de las 10 p.m. hasta la madrugada del día siguiente para observar la curva característica.

- Para obtener los valores de iluminación y calidad del cielo nocturno se recomienda utilizar equipos con calibración vigente y certificación nacional o internacional, esto evitará errores en los datos analizados.
- Se recomienda tener en cuenta la normativa de regulación de la incidencia de iluminación de paneles publicitarios e iluminación proveniente de los edificios o entornos para certificar una mayor precisión en el análisis de futuras evaluaciones.
- Es recomendable presentar una evaluación económica del proyecto, ya que al ser una investigación del tipo aplicativo, es necesario conocer y proyectar los costos generales de la implementación.

## REFERENCIAS

1. Chuquillanqui Domínguez, S. M., & Santillán Cervantes, L. E. (2016). Optimización de la red de alumbrado público y la minimización de la contaminación lumínica en la ciudad de Lima. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.
2. Crispín, Abel. (2015). Determinación de la distribución de la Contaminación Lumínica en la ciudad de Huancayo, [Tesis para optar por el título profesional]. Universidad Alas Peruanas, Huancayo – Perú.
3. F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. M. Kyba, D. Elvidge, K. Baugh, Boris A. Portnov, Nataliya A. Rybnikova, R. Furgoni, “The new world atlas of artificial night sky brightness”, *Science Advances*, Vol. 2, no. 6, 2016.
4. Gamarra, Manuel G. (2021). Mejoramiento del diseño de iluminación del alumbrado público actual del Perú, basado en estándares de calidad según el comité europeo de normalización, [Tesis para optar el título profesional]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.
5. Gonzáles, Andrea M. (2019). Evaluación de la contaminación Lumínica en la zona comercial de la Av. Naciones Unidas en la ciudad de Quito, [Tesis para optar por el título profesional]. Universidad de las Américas, Quito – Ecuador.
6. Gonzáles Madrigal José, Solano Lamphar Héctor, Ramírez Manuel, “La Contaminación Lumínica como Aproximación a la Planeación Urbana de Ciudades Mexicanas”, Vol 46, pp.155-174, mayo 2020, México.
7. M.I. Erica E. Lugo-Ibarra, M.C. Fernando A. Ávila Castro, M.C. Francisco Murillo Bracamontes, Dr. Joel Herrera Vázquez, M.C. Tomas Calvario Velázquez y Dr. J. Carlos García Díaz, “Diseño de prototipo tecnológico para monitoreo y análisis de contaminación lumínica aplicando técnicas avanzadas de diseño de experimentos”, *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2019*, Celaya, Guanajuato, México.
8. Navas Borrero, J.L. (2015). Medida y Evaluación de la Contaminación Lumínica en Entornos Urbanos, [Tesis Doctoral]. Universidad de Málaga, España.
9. P. Cinzano, F. Falchi, C. D. Elvidge, K. E. Baugh, “The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite Operational Linescan System measurements”, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 318, 641-657, 2000.

10. Terrel Gallaway, Reed N. Olsen, David M. Mitchell, "The economics of global light pollution", Missouri State University, Department of Economics, Elsevier, EE. UU., 2009.
11. Segama, Rolando T. (2017). Propuesta de implementación de un sistema de telegestión de alumbrado público para el campus universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería, [Tesis para optar el título profesional]. Repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	1
ANEXO 2: COMPARACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS LÁMPARAS CONVENCIONALES FRENTE A LAS LÁMPARAS LED. ....	4
ANEXO 3: CUADRO COMPARATIVO ENERGÉTICO DE LUMINARIAS CONVENCIONALES FRENTE A LAS LÁMPARAS LED. ....	5
ANEXO 4: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL LUXÓMETRO EXTECH. ....	6
ANEXO 5: DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL LUXÓMETRO EXTECH. ....	7
ANEXO 6: DIAGRAMA POLAR DE LA LUMINARIA SELECCIONADA PARA LA SIMULACIÓN EN EL DIALUX EVO.....	8
ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE REFLECTANCIA DEL PAVIMENTO PARA VIALIDADES. ....	9

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Indicadores	Metodología
¿Es posible mejorar el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru para reducir el impacto de la Contaminación Lumínica?	Mejorar el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru basado en la norma RM N°460- 2021- MINEM-DM, para reducir el impacto de la Contaminación Lumínica.	Con la mejora en el diseño de iluminación de la vía arterial Tupac Amaru, se logra reducir el impacto de la Contaminación Lumínica y sus efectos negativos derivados de este concepto.	Variable independiente (x):  Mejora del diseño de iluminación.	Calidad del cielo nocturno Mag/arcsec2.  Valores de iluminancia.  Valores del Software de simulación DIALux.  Normativa peruana vigente DGE "Alumbrado de Vías y Espacios Públicos".	Tipo de investigación Cuasi experimental Aplicada.  Nivel de investigación Correlacional.  Método de investigación. Cuantitativo  Técnicas de recolección de información

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica			
¿Se puede evaluar el estado situacional actual de la vía Tupac Amaru (frontis UNI), en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación?	Evaluar el estado situacional actual de la vía Tupac Amaru (frontis UNI), en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación.	Con la evaluación del estado situacional en base a las dimensiones e indicadores de los parámetros de iluminación se observa una deficiencia actual en el diseño.	Variable dependiente (y):  Reducir el impacto de la Contaminación Lumínica.		Observación. Instrumentos. Registros o apuntes. Artículos. Catálogos. Trabajos de investigación.
¿Es posible mejorar el diseño realizando una comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación?	Mejorar el diseño realizando una comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación.	A través de la comparación cuantitativa entre los valores de luxes obtenidos en campo y los resultados de la simulación se evidencia la presencia de contaminación lumínica.			Fuentes Bibliográficas.

<p>¿Es posible efectuar una medición de la calidad del cielo nocturno basado en la norma CIE 140-2000 para regular el ciclo circadiano en la salud humana?</p>	<p>Efectuar una medición de la calidad del cielo nocturno basado en la norma CIE 140-2000 para regular el ciclo circadiano en la salud humana.</p>	<p>Se consigue regular el ciclo circadiano en la salud humana efectuando la medición de la calidad del cielo nocturno y proponiendo una nueva escala con base en la norma CIE 140-2000.</p>			<p>Normas. Docentes. Investigadores.</p>
<p>¿Se pueden proponer correcciones de ingeniería que mejoren la iluminación de la vía arterial Tupac Amaru y que cumpla la norma vigente?</p>	<p>Proponer correcciones de ingeniería que mejoren la iluminación adecuada de vías arteriales y que cumpla la norma vigente.</p>	<p>Se proponen correcciones de ingeniería que adecuan la iluminación de vías arteriales en base a la norma RM N°460-2021-MINEM-DM.</p>			

## ANEXO 2: COMPARACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS LÁMPARAS CONVENCIONALES FRENTE A LAS LÁMPARAS LED.



**ANEXO 3: CUADRO COMPARATIVO ENERGÉTICO DE LUMINARIAS CONVENCIONALES FRENTE A LAS LÁMPARAS LED.**

<b>Tipo de luminaria instalado</b>	<b>Potencia total Lámpara + balasto (W)</b>	<b>Tipo de luminaria de reemplazo</b>	<b>Potencia total Reemplazo (W)</b>	<b>Ahorro potencia (W)</b>
Sodio 90W	109	LED 60W	60	49
Sodio 100W	119	LED 60W	60	59
Sodio 150W	175	LED 100W	100	75
Sodio 250W	280	LED 150W	150	130
Sodio 400W	441	LED 200W	200	241
Mercurio Halogenado 100W	125	LED 60W	60	65
Mercurio Halogenado 150W	175	LED 100W	100	75
Mercurio Halogenado 210W	240	LED 100W	100	140
Mercurio Halogenado 250W	280	LED 150W	150	130
Mercurio Halogenado 400W	441	LED 200W	200	241
Mercurio 125W	140	LED 60W	60	80
Mercurio 250W	271	LED 150W	150	121
Mercurio 400W	428	LED 200W	200	228
Mezcladora 160W	185	LED 60W	60	125
Mezcladora 250W	280	LED 100W	100	180
Mezcladora 500W	540	LED 150W	150	390
Cuarzo 500W	540	LED 200W	200	340
Cuarzo 1000W	1.040	LED 2X200W	400	640

## ANEXO 4: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL LUXÓMETRO EXTECH.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
SEGÚN NTP-ISO/IEC 17025

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

		N° DE CERTIFICADO
Laboratorio de Electricidad y Tiempo		MT - 2719 - 2021
		Página : 1 de 3
EXPEDIENTE	: EXP - 2831CT2 - 2021	<p>METRINDUST S.A.C. Operadora de Metrología realiza calibraciones y certificaciones metrologías según procedimientos de calibración validados o normalizados.</p> <p>Este certificado de calibración demuestra la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados.</p> <p>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y en su totalidad. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del Departamento de Metrología de METRINDUST S.A.C.</p>
SOLICITANTE	: CIPER CONSULTING GROUP S.A.C.	
Dirección	: Cal. Tambo Real Mza. B 1 Lote. 7 Urb. Matellini Lima - Lima - Chorrillos	
<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>LUXÓMETRO</b>	
Marca	: EXTECH	
Modelo	: 407026	
N° de Serie	: A.038120	
Alcance de Escala	: 2000 lux; 20 000 lux; 50 000 lux	
Resolución	: 1 lux; 10 lux; 100 lux	
Tipo	: Digital	
Identificación	: CIPER-011	
Procedencia	: Taiwan	
Ubicación	: No indica	
<b>FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>		
Fecha de Calibración	: 2021-07-21	
Fecha de emisión	: 2021-07-21	
Lugar de Calibración	: Laboratorio de METRINDUST S.A.C.	
<b>MÉTODO DE CALIBRACIÓN</b>	: Calibración por comparación directa tomando como referencia el OP-001 "Procedimiento para la calibración de luminómetros (luxómetros)", CEM - ESPAÑA.	
REVISADO:		



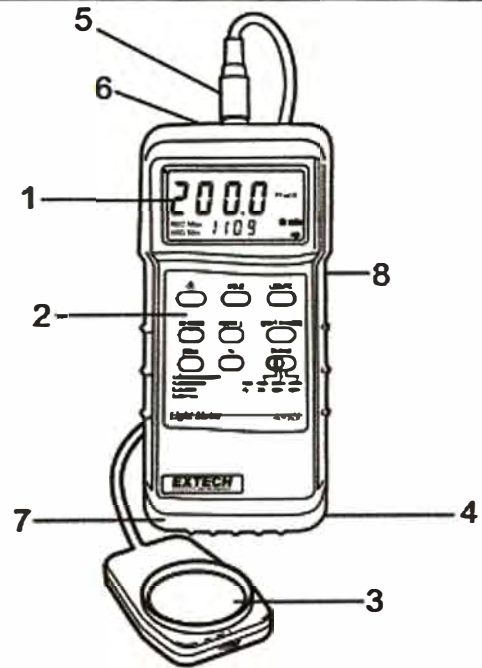
Gamarra Rodríguez Dennis  
Gerente Técnico

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE METRINDUST S.A.C.

Calle Los Jazmines Mz. G LT. 13 Coo. Talavera De La Reyna - El Agustino, Lima - Perú  
Celular: 915972598 / 917607794 / 925033922 - Email: informes@metrindust.com.pe  
www.metrindust.com.pe

**ANEXO 5: DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL LUXÓMETRO EXTECH.*****Descripción del Panel Frontal***

1. Pantalla LCD
2. Teclado
3. Sensor de luz
4. Compartimento de batería (atrás)
5. Enchufe para entrada del sensor
6. Enchufe de salida para RS232
7. Cubierta de Protección
8. El ajuste del contraste de LCD





## ANEXO 6: DIAGRAMA POLAR DE LA LUMINARIA SELECCIONADA PARA LA SIMULACIÓN EN EL DIALUX EVO.

Av. Túpac Amaru

DIALux

### Ficha de producto

NVC International - Road Light



N° de artículo	NRM009/400W
P	400.0 W
Φ Lámpara	34000 lm
Φ Luminaria	30255 lm
η	88.99 %
Rendimiento lumínico	75.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	60

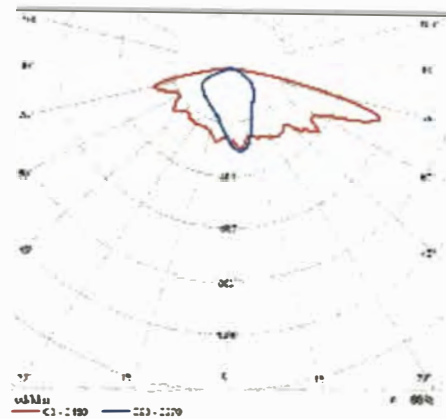
Lamp: HP1-T 400W

Specification

- Aluminum cast housing is painted by anti-corrosive electrostatic powder;
- High purity anodized reflector can give high reflectivity and super optic performance;
- Heat-resistant silicon seals integrated;
- Toughened glass, heat-resistant and anti-impact;
- Side-open design is easy for maintenance and lamp replacement.

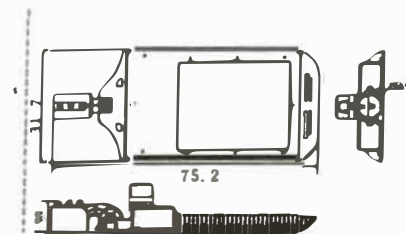
Application

Expressway, City main road, Viaduct, Road cross, Plaza etc.



CDL polar

### ESQUEMA PRODUCTO



**ANEXO 7: CARACTERÍSTICAS DE REFLECTANCIA DEL PAVIMENTO PARA VIALIDADES.**

Clase	Coefficiente de luminancia media	Descripción	Tipo de reflectancia
R1	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R2	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R3	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R4	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular