



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR EFICIENTE PARA  
UNA EDIFICACIÓN ENFOCADO A ESPACIOS DE TRABAJO: CASO DE ESTUDIO  
EDIFICIO DE LA MUNICIPALIDAD DE SEVILLA DE ORO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES: CARLOS SEBASTIAN COELLO GUAYLLAZACA**  
**JOHNNIER DENILSON TENEMAZA ALVARADO**  
**TUTOR: ING. FREDDY FERNANDO CAMPOVERDE ARMIJOS, MGT.**

Cuenca - Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Sebastian Coello Guayllazaca con documento de identificación N° 1400970651 y Johnnier Denilson Tenemaza Alvarado con documento de identificación N° 0106582844; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 5 de abril del 2024

Atentamente,

---

Carlos Sebastian Coello Guayllazaca

1400970651

---

Johnnier Denilson Tenemaza Alvarado

0106582844

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Carlos Sebastian Coello Guayllazaca con documento de identificación N° 14009706501 y Johnnier Denilson Tenemaza Alvarado con documento de identificación N° 0106582844, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Estudio técnico de un sistema de iluminación interior eficiente para una edificación enfocado a espacios de trabajo: caso de estudio edificio de la Municipalidad de Sevilla de Oro”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de abril del 2024

Atentamente,

---

Carlos Sebastian Coello Guayllazaca

1400970651

---

Johnnier Denilson Tenemaza Alvarado

0106582844

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Freddy Fernando Campoverde Armijos con documento de identificación N° 0102339470, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR EFICIENTE PARA UNA EDIFICACIÓN ENFOCADO A ESPACIOS DE TRABAJO: CASO DE ESTUDIO EDIFICIO DE LA MUNICIPALIDAD DE SEVILLA DE ORO, realizado por Carlos Sebastian Coello Guayllazaca con documento de identificación N° 14009706501 y por Johnnier Denilson Tenemaza Alvarado con documento de identificación N° 0106582844, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de abril del 2024

Atentamente,



---

Ing. Freddy Fernando Campoverde Armijos, Mgt.

0102339470

## AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero dar las gracias a Dios por haberme permitido pasar todo este tiempo con mis amigos y profesores de la universidad, logre formar una familia en ella, y lastimosamente me tengo que despedir, pero me voy de la manera más alegre ya que me voy como un profesional.

A mi familia por haber sido parte fundamental de este logro, por haberme apoyado económicamente y moralmente, por haberme ayudado en todos los momentos que pase buenos y malos, por haberme inspirado a ser la persona que soy tanto profesional como personalmente.

Finalmente, a todas las personas que con el transcurso de esta etapa me ayudaron moralmente, a mis docentes de universidad que me apoyaron con sus conocimientos para formarme como profesional y de manera especial a mi tutor Ing. Freddy Campoverde, que con paciencia, experiencia y dedicación dirigió este trabajo de titulación.

## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por haberme llevado por el camino correcto, por haberme brindado la sabiduría para culminar una etapa más de mi vida y por haberme permitido experimentar tan maravillosa experiencia con amigos, profesores y por haberme formado como una buena persona.

Además, este trabajo va dedicado a mis padres Uvaldo y Nube que, con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y amor incondicional, han sido el pilar fundamental para poder cumplir mis metas, ellos que me enseñaron a creer que sin tener nada, se puede tener todo.

A mis hermanos Edilson y Victoria, que gracias a ellos pude definir mi meta de lo que quiero ser en la vida, mi hermano que siempre me acompañó desde la escuela hasta el colegio y finalmente en la universidad, mi hermana que fue el propósito e inspiración de seguir esta carrera.

Finalmente, mis mejores amigos Grace y Sebastián, ha Grace por haberme acompañado en mis peores momentos, por haberme aconsejado y haberme ayudado cuando más lo necesitaba, ha Sebastián que me ayudo desde el primer día que entramos juntos a la universidad hasta el último día que salimos.

## RESUMEN

En este proyecto se realiza un estudio sobre la eficiencia lumínica en áreas de trabajo enfocado al edificio de la Municipalidad de Sevilla de Oro, en el cual se realiza un levantamiento de todo el edificio verificando el mal estado de luminarias, espacios los cuales no cuentan con suficiente luminosidad y teniendo una instalación inadecuada en la caja de alimentación. El objetivo principal de este proyecto es obtener un mejor confort lumínico para los empleados ya que en el estado que se encuentra el edificio los empleados han tenido problemas para tener un desempeño favorable en su área de trabajo. A partir del levantamiento realizado, se procede a tomar las medidas de luminancia en cada espacio de trabajo de dicho edificio, mediante el instrumentó de medición como es el luxómetro. Luego de haber terminado este proceso, se utiliza el software dialux evo, el cual servirá para realizar simulaciones de dicho edificio, mediante el cual se podrá visualizar como está la eficiencia lumínica de las lámparas que se tienen en los espacios de trabajo. Finalmente se procede a trabajar según las mediciones obtenidas en cada área de trabajo del edificio.

## Abstract

In this project, a study is carried out on lighting efficiency in work areas focused on the building of the Municipality of Sevilla de Oro, in which a survey of the entire building is carried out verifying the poor condition of luminaires, spaces which do not have sufficient luminosity and having inadequate installation in the power box. The main objective of this project is to obtain better lighting comfort for employees since in the state of the building, employees have had problems having a favorable performance in their work area. From the survey carried out, luminance measurements are taken in each work space of said building, using the measuring instrument such as the lux meter. After completing this process, the dialux evo software is used, which will be used to carry out simulations of said building, through which it will be possible to visualize the lighting efficiency of the lamps in the work spaces. Finally, we proceed to work according to the measurements obtained in each work area of the building.

## PALABRAS CLAVES TEMÁTICAS

Luxómetro, Dialux evo, luminancia, eficiencia, diseño, instalación, confort, trabajo, levantamiento, luminaria.



## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>1</b> <b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b> <b>Justificación</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2</b> <b>Alcance</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3</b> <b>Estado del Arte</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4</b> <b>Objetivos</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.1</b> <b>Objetivo General</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.2</b> <b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4.3</b> <b>Problemática</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4.4</b> <b>Metodología</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b> <b>Marco Teórico</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1</b> <b>Iluminación</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2</b> <b>Magnitudes Lumínicas</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.1</b> <b>Iluminancia</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.2</b> <b>Rendimiento Luminoso</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.3</b> <b>Intensidad Luminosa</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3</b> <b>Eficiencia Energética en Iluminación</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3.1</b> <b>Tipos de lámparas y parámetros de funcionamiento</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4</b> <b>Color</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5</b> <b>Deslumbramiento</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6</b> <b>Sistemas de iluminación con leds</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b> <b>Proceso para dimensionamiento de iluminación en una entidad pública</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1</b> <b>Levantamiento de información</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.1</b> <b>Estado actual de las instalaciones</b> .....	<b>19</b>

3.1.2	<i>Análisis ergonómico de la iluminación</i> .....	20
3.1.3	<i>Entrevista a empleados de la entidad pública</i> .....	22
3.2	<i>Mediciones y recopilación de datos</i> .....	23
3.2.1	<i>Equipo de medición especializado usado en el trabajo (Luxómetro)</i> .....	24
3.2.2	<i>Determinación de la iluminación</i> .....	25
3.3	<i>Revisión de normas de iluminación en entidades públicas</i> .....	26
3.3.1	<i>ISO 8995:2002/CIE S 008-2001, IDT: Iluminación de puestos de trabajo en interiores</i> .....	26
3.3.2	<i>UNE EN 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo</i> .....	26
3.3.3	<i>RETILAP: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público</i> .....	27
3.3.4	<i>INTE/ISO 8995-1:2016: Iluminación de los lugares de trabajo</i> .....	28
3.4	<i>Estudio de la luz en entidades públicas</i> .....	28
3.4.1	<i>Altura de suspensión</i> .....	28
3.4.2	<i>Índice de Local</i> .....	30
3.4.3	<i>Factor de utilización</i> .....	30
3.4.4	<i>Factor de mantenimiento</i> .....	31
3.4.5	<i>Determinación del flujo luminoso</i> .....	31
3.4.6	<i>Percepción de los objetos</i> .....	32
3.4.7	<i>Distribución de la luz en Entidades Públicas</i> .....	32
3.4.8	<i>Rango de agudeza de la luz en Entidades Públicas</i> .....	33
3.5	<i>Metodología de investigación</i> .....	34
3.5.1	<i>Operacionalización de variables</i> .....	34
3.5.2	<i>Fases Metodología de investigación</i> .....	36
4	<i>Análisis de los resultados obtenidos</i> .....	39
4.1	<i>Estado actual de la edificación</i> .....	39
4.1.1	<i>La entidad pública</i> .....	39
4.1.2	<i>Áreas de trabajo del edificio Municipalidad Sevilla De Oro</i> .....	40
4.1.3	<i>Inventario de luminarias</i> .....	42
4.2	<i>Entrevista a empleados</i> .....	45
4.3	<i>Análisis ergonómico de la iluminación</i> .....	45
4.4	<i>Revisión de norma de energía eléctrica</i> .....	49
4.4.1	<i>NEC-SB-IE Norma Ecuatoriana de la Construcción: Instalaciones Eléctricas</i> .....	49

4.4.2	<i>Número de circuitos de iluminación por nivel del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	50
4.5	<i>Altura de suspensión de luminarias</i>	50
4.6	<i>Norma para el cálculo de puntos de muestreo</i>	52
4.6.1	<i>Norma NOM-025-STPS, (2008)</i>	52
4.7	<i>Índice local y puntos de medición</i>	53
4.7.1	<i>Distribución de mallas</i>	55
4.8	<i>Descripción del equipo utilizado</i>	57
4.8.1	<i>LUX/FC Light Meter TM-204</i>	57
4.8.2	<i>MAVO-SPOT 2</i>	58
4.9	<i>Factor de utilización</i>	60
4.10	<i>Factor de mantenimiento</i>	61
4.11	<i>Revisión de norma de iluminación</i>	61
4.11.1	<i>Norma INTE/ISO 8995-1:2016</i>	61
4.12	<i>Determinación del flujo luminoso</i>	62
4.13	<i>Determinación de la iluminación del edificio</i>	64
4.13.1	<i>Mediciones de luz por planta</i>	64
4.14	<i>Consumo de Energía</i>	66
4.15	<i>Cálculo de la eficiencia energética</i>	68
4.16	<i>Propuesta de cambio de luminarias LED y mejoramiento de los niveles de iluminación en el Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	70
4.16.1	<i>Luminaria actual</i>	70
4.16.2	<i>Luminarias propuestas</i>	72
4.16.3	<i>Luminarias a instalar</i>	76
4.17	<i>Simulación de propuesta en software DiaLux EVO</i>	77
4.17.1	<i>Software Dialux Evo</i>	77
4.18	<i>Resumen de los resultados de la simulación de iluminación por planta del Edificio Municipalidad Sevilla de Oro</i>	80
4.18.1	<i>Resultados planta baja de Edificio</i>	80
4.18.2	<i>Resultados primera planta alta de Edificio</i>	85
4.18.3	<i>Resultados segunda planta de Edificio</i>	91
4.19	<i>Comparación de la situación actual vs situación propuesta</i>	95
4.20	<i>Comparativa con norma de eficiencia energética</i>	99

<b>4.20.1</b>	<b><i>NTE INEN 2506 (2009): Eficiencia energética en edificaciones.....</i></b>	<b>99</b>
<b>5</b>	<b><i>Conclusiones y Recomendaciones .....</i></b>	<b>101</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Conclusiones .....</i></b>	<b>101</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Recomendaciones .....</i></b>	<b>103</b>
<b>6</b>	<b><i>Referencias .....</i></b>	<b>105</b>
<b>7</b>	<b><i>Anexos.....</i></b>	<b>108</b>
<b>7.1</b>	<b><i>Mediciones de los espacios de trabajo por piso .....</i></b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Evolución de las lámparas instaladas a nivel mundial [16].....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2: Confort visual [15].....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3: Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente [2].....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4: Geometría del local [12].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5: Mallas por plano con puntos de medición.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Sevilla De Oro (izquierda), Av. Azuay S/N y Av. 10 de agosto - Sevilla De Oro, Ecuador (derecha).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7: Calificación de la iluminación, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 8: Propuesta de cambio, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 9: Confort visual, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 10: Distribución de los planos de iluminación y trabajo, cavidad de techo, de piso y local. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 11: Mallas por área de trabajo con sus puntos de medición de sala de consejo y sala de sesiones de la primera planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 12: LUX/FC Light Meter TM-204.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 13: MAVO-SPOT 2.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 14: Características de luminarias instaladas en el diseño de iluminación del edificio Municipalidad Sevilla de Oro. ....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 15: Lista de luminarias a usar de la marca Disano Illuminazione S.p.A. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 16: Curva fotométrica Disano 1715 LED 50W CLD CELL graffito.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 17: Lista de luminarias a usar de la marca Philips.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 18: Curva fotométrica 4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 19: Lista de luminarias a usar de la marca SLV.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 20: Curva fotométrica NUMINOS MOVE DL L. ....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 21: Entorno Dialux Evo.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 22: Simulación de áreas de trabajo con las luminarias actualmente instaladas. ....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 23: Simulación de áreas de trabajo después de aplicar las luminarias propuestas ....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 24: Niveles de iluminación simulado en DiaLux, del espacio de auxiliar de contabilidad de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 25: Diagrama en Dialux planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro...80</i>	<i>80</i>

<i>Figura 26: Simulación en Dialux planta baja de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro..</i>	<i>81</i>
<i>Figura 27: Resumen de resultados Dialux de planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 28: Diagrama en Dialux primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 29: Simulación en Dialux primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 30: Resumen de resultados Dialux de primera planta Alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 31: Diagrama en Dialux segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 32: Simulación en Dialux segunda planta alta de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 33: Resumen de resultados Dialux de segunda planta Alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<i>95</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Naturaleza del local o tipo actividad, y valores recomendados de iluminación [11]</i>	10
<i>Tabla 2: Cuadro de eficacia luminosa de diferentes tecnologías [6]</i>	12
<i>Tabla 3: Tipos de lámparas y su eficiencia [15]</i>	14
<i>Tabla 4: Apariencias y temperaturas en el color de la luz [15]</i>	15
<i>Tabla 5: Iluminación y su aspecto final [15]</i>	15
<i>Tabla 6: Apariencia y rendimientos en color [15]</i>	17
<i>Tabla 7: Encuesta adecuada según referencia [19]</i>	23
<i>Tabla 8: Ejemplo de niveles de iluminación según la norma española (EN 12464-1: 2002) [20]</i>	24
<i>Tabla 9: Nivel de iluminación según el puesto de trabajo y su promedio (ejemplo) [19]</i>	26
<i>Tabla 10: Nivel de iluminancia en entornos inmediatos a la tarea [21]</i>	26
<i>Tabla 11: Oficinas y sus parámetros de lux correspondientes [22]</i>	27
<i>Tabla 12: Índice de reproducción del color y su clasificación [23]</i>	27
<i>Tabla 13: Tareas y actividades en áreas interiores con especificación de la iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la cualidad de color [11]</i>	28
<i>Tabla 14: Valores de factor de utilización [15]</i>	31
<i>Tabla 15: Variables dependientes e independientes</i>	34
<i>Tabla 16: Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	40
<i>Tabla 17: Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	41
<i>Tabla 18: Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	41
<i>Tabla 19: Inventario planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	42
<i>Tabla 20: Inventario primera planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	43
<i>Tabla 21: Inventario segunda planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	44
<i>Tabla 22: Características de la encuesta realizada al personal del edificio, Municipalidad de Sevilla de Oro</i>	45
<i>Tabla 23: Tabla de frecuencias de calificación de la iluminación, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro</i>	46
<i>Tabla 24: Resumen de resultados de propuestas de cambio, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro</i>	47

<b>Tabla 25:</b>	<b><i>Resumen de resultados de confort visual, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>48</b>
<b>Tabla 26:</b>	<b><i>Clasificación de las viviendas según el área de construcción [29].</i></b>	<b>49</b>
<b>Tabla 27:</b>	<b><i>Número de circuitos de iluminación por nivel del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>50</b>
<b>Tabla 28:</b>	<b><i>Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición [29].</i></b>	<b>52</b>
<b>Tabla 29:</b>	<b><i>Número mínimo de puntos para cada área de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>54</b>
<b>Tabla 30:</b>	<b><i>Número mínimo de puntos para cada área de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>54</b>
<b>Tabla 31:</b>	<b><i>Número mínimo de puntos para cada área de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>55</b>
<b>Tabla 32:</b>	<b><i>Mediciones de sala de consejo y sesiones de la primera planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>56</b>
<b>Tabla 33:</b>	<b><i>Especificaciones de LUX/FC Light Meter TM-204.</i></b>	<b>58</b>
<b>Tabla 34:</b>	<b><i>Especificaciones de MAVO-SPOT 2</i></b>	<b>59</b>
<b>Tabla 35:</b>	<b><i>Valores del coeficiente de reflexión en techo y paredes del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>60</b>
<b>Tabla 36:</b>	<b><i>Factor de mantenimiento de las áreas de trabajo del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>61</b>
<b>Tabla 37:</b>	<b><i>Iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la calidad de color en oficinas, según norma INTE/ISO 8995-1:2016.</i></b>	<b>62</b>
<b>Tabla 38:</b>	<b><i>Flujo luminoso requerido en la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i></b>	<b>62</b>
<b>Tabla 39:</b>	<b><i>Flujo luminoso requerido en la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>63</b>
<b>Tabla 40:</b>	<b><i>Flujo luminoso requerido en la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro</i></b>	<b>63</b>
<b>Tabla 41:</b>	<b><i>Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>64</b>
<b>Tabla 42:</b>	<b><i>Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>65</b>
<b>Tabla 43:</b>	<b><i>Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>65</b>
<b>Tabla 44:</b>	<b><i>Potencia total de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.</i></b>	<b>66</b>



<b>Tabla 45:</b> <i>Potencia total de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>67</b>
<b>Tabla 46:</b> <i>Potencia total de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>68</b>
<b>Tabla 47:</b> <i>VEEI de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>69</b>
<b>Tabla 48:</b> <i>VEEI de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>69</b>
<b>Tabla 49:</b> <i>Potencia total de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>70</b>
<b>Tabla 50:</b> <i>Lista de luminarias a instalar en el edificio, Municipalidad de Sevilla de Oro....</i>	<b>76</b>
<b>Tabla 51:</b> <i>Resultados obtenidos y comparativa planta baja de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>96</b>
<b>Tabla 52:</b> <i>Resultados obtenidos y comparativa primera planta de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.....</i>	<b>97</b>
<b>Tabla 53:</b> <i>Resultados obtenidos y comparativa segunda planta de Edificio.....</i>	<b>98</b>
<b>Tabla 54:</b> <i>VEEI máximo para zonas de representación [7]. .....</i>	<b>99</b>
<b>Tabla 55:</b> <i>Resultados de VEEI por planta y comparativa con la norma NTE INEN 2506.100</i>	
<b>Tabla 56:</b> <i>Mediciones de la primera planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ....</i>	<b>110</b>
<b>Tabla 57:</b> <i>Mediciones de la segunda planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ...</i>	<b>111</b>
<b>Tabla 58:</b> <i>Mediciones de la segunda planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. ...</i>	<b>113</b>

# CAPÍTULO I

## **1 Introducción**

### **1.1 Justificación**

La importancia de este tema de investigación corresponde a la evaluación y mejoramiento de iluminación según su nivel en los espacios dedicados a tareas administrativas, tomando como referencia lo estipulado en la norma INTE ISO 8995-1:2016, que detalla lo referente a la adecuada iluminación de los entornos laborales, considerando aspectos de la seguridad y el bienestar laboral., mismos que influyen en la apropiada iluminación del área de trabajo y establecen posibles vías de resolución para la cuestión identificada.

Mediante este estudio, se mejorará el confort lumínico en posiciones laborales, con el propósito de reducir el riesgo de impacto en la salud de los empleados, se busca medir los niveles de iluminación en zonas y cargos tanto administrativos como operativos en el entorno de la Municipalidad de Sevilla de Oro, adicionalmente el aporte técnico será proporcionado en función de la actividad y naturaleza de la compañía, manifestándose como una investigación singular.

Se presenta la posibilidad de llevar a cabo la investigación debido a la posesión de un nivel adecuado de conocimientos por parte del investigador, la disponibilidad de recursos tecnológicos y financieros, la facilidad para acceder a información relevante, así como una cantidad suficiente de literatura especializada, y el tiempo previsto para la finalización del trabajo de grado.

### **1.2 Alcance**

El presente proyecto está dirigido a ingenieros eléctricos, edificios públicos y privados, así como a usuarios que deseen poner en funcionamiento un sistema de iluminación eficiente. Los técnicos deberán conocer las normativas que son utilizadas para su implementación. Además, el resultado del proyecto servirá como recurso informativo en el proceso de concepción de proyectos en esta área.

### 1.3 Estado del Arte

Las diferentes calidades lumínicas en los puestos de trabajo, el acondicionamiento ergonómico son aspectos fundamentales para el desarrollo de las actividades. Aunque el ser humano posee una notable habilidad para ajustarse a variadas condiciones de iluminación. Entre todas las variedades de energía aprovechables, la luminosidad ocupa un lugar preponderante. Esta luz representa un componente fundamental en la facultad visual del ser humano, siendo imprescindible para discernir la estructura, la cromática y la perspectiva de los objetos que nos circundan en nuestra cotidianidad. Una insuficiencia en dicha circunstancia puede conllevar a un incremento de la fatiga ocular, una disminución en la eficiencia, un aumento en los desaciertos y, en ocasiones, incluso a incidentes [1].

Resulta imperativo desarrollar una iluminación apropiada acorde a las demandas de las labores requeridas. En diversas investigaciones de la materia, se han identificado análisis análogos que abordan la problemática y proponen una resolución. Uno de estos trabajos hace hincapié en que una iluminación de calidad contribuye al incremento de la eficiencia, estableciendo que una adecuada planificación y utilización del espacio puede potenciar el desempeño de la entidad hasta en un 15%, mientras que la óptima iluminación puede elevar la productividad en un 10%. Este incremento, al término del ejercicio fiscal, se traduce en un beneficio ampliado para las compañías [2].

En cuanto a la iluminación, se enfatiza la importancia de lograr un contraste adecuado en el entorno para permitir la visión prolongada y enfocada sin inducir fatiga visual. Tanto el entorno inmediato, que rodea el objeto, como el entorno distante, que sirve como fondo, deben presentar un contraste óptimo manteniendo una proporción de 6:3:1. Es fundamental que la iluminación general de la habitación o área destinada al estudio o la lectura sea regulable para permitir la modificación del nivel de contraste según sea necesario. Si se cuenta con un área de trabajo, ya sea una mesa o una superficie adecuada, junto con una lámpara portátil o de sobremesa, es suficiente con ubicar la fuente de luz a la distancia que proporcione el nivel de iluminación requerido, que es de 1000 lux. Una vez que se hayan alcanzado estos niveles, se podrá observar que, dependiendo de la abertura de la lámpara, el entorno presentará una mayor o menor cantidad de luz, lo que puede influir en el grado de comodidad para llevar a cabo lectura en el escritorio o actividades de estudio [3].

Desde eras pasadas, cuando la iluminación se limitaba a simples hendiduras en una ventana, la noción de iluminación se ha ido transformado de manera significativa debido a las innovaciones tecnológicas [3].

Luego de haber logrado el control del fuego, el ser humano no solo lo ha aplicado para generar calor y preparar alimentos, sino también como fuente de iluminación [3].

Desde tiempos remotos, la humanidad inició el acto de iluminar sus entornos en las horas en que el sol se ocultaba, mejorando las tecnologías de iluminación de acuerdo con los avances tecnológicos y las preferencias de las diversas épocas.

Se podría inferir, en consecuencia, que el método inicial de iluminación podría haber sido la antorcha, seguida posteriormente por la vela, antes de ceder el camino a métodos más sofisticados tras el hallazgo de combustibles capaces de generar una llama [3].

Indudablemente, la era del fuego como método de iluminación concluyó con la invención de la primera lámpara eléctrica por Thomas Edison en 1879, la cual mantuvo su luminosidad durante un período continuo de más de 2 días [3].

Desde el año 1970, la electricidad se convirtió en la fuerza preeminente en el ámbito del diseño y la arquitectura. En 1972 se descubrió las lámparas de bajo voltaje, originalmente denominadas lámparas de reflector relleno de gas inerte, este hallazgo revolucionó el diseño de la iluminación, ya que este sistema reduce al mínimo la fuente de luz, al tiempo que proporciona un control óptico más preciso. La generación de lámparas de halogenuros metálicos o de tungsteno de bajo voltaje permite iluminar áreas específicas, crear puntos focales en zonas designadas o bañar objetos con una suave luz de aspecto plateado o dorado, dependiendo del tipo de reflector utilizado [3].

En relación a los diseños de las lámparas, se ha observado un notable progreso, no obstante, la evolución de la iluminación continúa su curso. Actualmente, la atención se centra en los LED (diodos emisores de luz) como una tecnología en constante desarrollo que se ha incorporado en nuestra rutina diaria [3].

Estas innovaciones pueden ser consideradas como un esfuerzo sólidamente respaldado para reemplazar las luminarias actuales con dispositivos de mayor ventaja. Entre sus características primordiales se encuentran su prolongada durabilidad, una eficacia lumínica sobresaliente, y una activación y desactivación rápida y sencilla [3].

Freire [2] realizó un estudio sobre “LA ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LOS ACCIDENTES DE TRABAJO DENTRO DE LOS EDIFICIOS INSTITUCIONALES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”.

En 44 ubicaciones del edificio de ampliación y 65 localidades del edificio principal, se evidencia una insuficiente cantidad de luz, lo que significa que no satisfacen los requisitos mínimos de iluminación establecidos en la normativa UNE-EN 12464-1 [2].

En cuanto al factor de reflexión evaluado en cada uno de los puestos de trabajo, la mayoría de ellos se sitúan dentro de los límites permitidos. En lo que respecta a los puestos de trabajo que presentan deficiencias, principalmente esto se debe a que sus superficies de trabajo están hechas de vidrio, lo que aumenta la reflectividad, y también causa un mayor deslumbramiento debido a que su ubicación no es la adecuada. Estas son las razones por las que muestran porcentajes que superan los niveles máximos de reflexión permitidos, lo que puede llevar a la fatiga visual en los trabajadores de manera más rápida [2].

En su mayoría las paredes tanto en el edificio institucional como en el edificio en expansión muestran niveles de reflexión que exceden los límites máximos permitidos. Esto se debe principalmente a que la superficie de estas paredes tiene una característica brillante, lo que provoca un mayor deslumbramiento, del mismo modo, en algunos pisos se utilizan colores intensos, lo que resulta en un nivel de confort visual inadecuado. Bayas [4] realizó un estudio sobre “CONDICIONES SUBESTÁNDAR DE ILUMINACIÓN Y SU INCIDENCIA EN LA ILUMINANCIA DE LA EMPRESA ARBORIENTE S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO”

El cumplimiento de los niveles de iluminación requeridos depende directamente de proporcionar luminarias que cumplan exactamente con las especificaciones técnicas establecidas para cada una. En entornos administrativos de trabajo, el 50% de ellos no cumple con los estándares de iluminación adecuados, y en áreas operativas, el 100% carece de iluminación de calidad y del tipo de luz apropiado para entornos de oficina e industrial. Además, en el 100% de las áreas operativas y el 50% de las áreas administrativas, no se utilizan difusores de luz en la iluminación. En todos los espacios físicos analizados, el 100% de las luminarias carece de especificaciones técnicas en términos de lúmenes y potencia, y tampoco cuentan con un diseño correcto para lograr una iluminación adecuada en cada área de trabajo en términos de cantidad y distribución [4].

La reconfiguración del sistema de iluminación posibilita la plena conformidad con los estándares de niveles promedio de iluminación en entornos de trabajo bajo techo, tal como lo estipula la norma UNE-EN 12464.1:2012. Las características y los colores de las superficies de las paredes y el techo desempeñan un papel importante en el diseño, por lo tanto, en caso de que se requiera un cambio, es necesario informar previamente al profesional de seguridad de la institución [5].

En las áreas de gestión y funcionamiento, se ha llevado a cabo una reconfiguración que se fundamenta en la incorporación de lámparas y sistemas de iluminación LED. Esta elección se fundamenta en el hecho de que este tipo de luminaria no genera calor que pueda influir en el confort térmico, además, el efecto estroboscópico es prevenido, como lo establece la normativa vigente UNE-EN-12464:2012 [5].

El proceso de limpieza y mantenimiento tiene como propósito garantizar la preservación de los niveles de iluminación apropiados en todas las áreas y estaciones de trabajo. Lliguin y Arevalo [6] en su desarrollo titulado “DEFICIENCIA ENERGÉTICA, DISEÑO Y MODELADO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA IGLESIA CORAZÓN DE JESÚS CUENCA-ECUADOR”.

Desde una perspectiva técnica, el diseño tridimensional desempeña un papel fundamental, ya que resulta esencial para proporcionar una presentación sólida del proyecto, tanto en lo que concierne al diseño en sí como a su implementación [6].

En, La media de consumo energético mensual se sitúa en 667,6 kW/h, conforme a la tabla 40 de lecturas que corresponde al consumo final e inicial de energía, pero al incorporar este enfoque al proyecto, se alcanza una media mensual de consumo final de 470,33 kW/h, lo que se traduce en un ahorro energético mensual promedio de 197,26 kW/h, lo cual representa una disminución del 29,55 % [6].

Debido a lo expuesto, la eficiencia energética alcanzada a través de un adecuado sistema de iluminación se convierte en una contribución esencial en cualquier proyecto. En esta situación particular, se logra un significativo ahorro económico, que varía en un rango del 20 al 30 por ciento. La reducción del consumo de energía por parte de la iglesia en la zona disminuye la carga en el transformador público, aumentando su capacidad de servicio y extendiendo su vida útil [6].

La eficiencia energética en sistemas de iluminación es un tema de creciente importancia en el territorio, con la finalidad de fomentar la utilización eficiente de la energía y disminuir la huella

ambiental. Se toman de referencia la Reglamento RETILAP RESOLUCION No 180540 de 2010, la Normativa NTE INEN 2506: 2009 y del Sistemas de Gestión de Calidad, la Norma ISO 9001: 2015 [7].

Las directrices y requisitos que deben cumplir los sistemas de alumbrado, tanto en espacios interiores como en áreas exteriores, incluyendo la iluminación pública en el país. Su principal objetivo es fomentar la utilización sensata y efectiva de la energía en los sistemas de iluminación. La regulación en cuestión abarca tanto las exigencias para el diseño de instalaciones de iluminación como las especificaciones mínimas de los productos utilizados en estas instalaciones [8]. Además, se busca asegurar la protección y la comodidad de los usuarios mediante un buen diseño y un adecuado desempeño operativo de los sistemas de iluminación.

Por otro lado, para promover la eficiencia energética en edificaciones, se cuenta con el Reglamento. Esta normativa establece los criterios que los edificios deben satisfacer a fin de lograr una reducción sostenible en su consumo energético, fomentando la utilización de fuentes de energía sostenible. La aplicación de esta regulación es tanto para edificios de nueva construcción como para aquellos que vayan a ser objeto de modificaciones, reformas o rehabilitaciones superiores al 25% de la envolvente del edificio [7].

La eficiencia energética en iluminación se enfoca en la adopción de tecnologías y prácticas que permitan la reducción en el uso de energía eléctrica sin poner en riesgo los niveles de iluminación y la comodidad de los ocupantes. Algunas de las estrategias utilizadas incluyen [9]:

La adopción de tecnologías de iluminación eficientes, como lámparas LED y mecanismos de regulación de la iluminación, facilita la disminución sustancial del gasto de energía en comparación con tecnologías convencionales, tales como las lámparas fluorescentes o incandescentes, la implementación de sensores de presencia, fotoceldas y sistemas de control inteligente de iluminación permite ajustar el nivel de luz en función de la presencia de individuos o la disponibilidad de luz natural, con el propósito de minimizar la utilización no requerida de luz artificial [9].

Un diseño apropiado de la iluminación que considere la ubicación de las luminarias, la elección de las fuentes de luz y la utilización de la luz natural tiene el potencial de optimizar la eficiencia energética y elevar la calidad de la iluminación en los entornos [9].

Fomentar la educación y la concienciación acerca de la relevancia de la eficiencia energética en la iluminación tiene el potencial de estimular comportamientos responsables en aquellos que utilizan sistemas de iluminación y en los expertos del campo [9].

Se deben considerar los desafíos y oportunidades a pesar de los avances en la normativa y las estrategias para promover la eficiencia energética en iluminación se debe educar y capacitar a los profesionales en el desarrollo y establecimiento de sistemas de iluminación que sean eficaces y amigables con el medio ambiente [9].

La integración de tecnologías emergentes como la iluminación inteligente y la conectividad IoT, ofrece oportunidades para mejorar aún más la eficiencia en la iluminación y la gestión energética. Y por último la Adaptación a las necesidades cambiantes con el desarrollo tecnológico y las modificaciones en las pautas de consumo, es importante que la normativa y las estrategias de eficiencia se adapten para seguir siendo efectivas y pertinentes [9].

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Proponer un sistema de iluminación interior eficiente para mejorar el impacto visual y los niveles de iluminación de una institución pública, enfocado a espacios de trabajo, cumpliendo la norma INTE ISO 8995-1:2016: Caso de estudio Edificio de la municipalidad de Sevilla de Oro.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Analizar los datos estándar mínimo de iluminación que deben tener los espacios de trabajo administrativos y marco normativo vigente.
- Analizar el estado actual del sistema de iluminación interior del edificio y las características técnicas de las luminarias instaladas.
- Identificar los límites que puedan estar fuera de la normativa del proceso según de los datos obtenidos.



- Desarrollar una propuesta de iluminación interior eficiente mediante el cambio y reubicación de luminarias en cada espacio basándose en las características de las nuevas tecnologías lumínicas y simular las propuestas de cambio en todo el edificio utilizando el software DIALux.

### **1.4.3 Problemática**

En la actualidad, los bajos niveles de luminosidad en el interior del inmueble de la Municipalidad de Sevilla de Oro, sus instalaciones eléctricas en mal estado y el elevado consumo de energía eléctrica, son factores principales para una mejora oportuna y eficiente.

La distribución actual del flujo luminoso, hace que en lugares específicos se produzca deslumbramiento, ocasionando una baja iluminación en las estaciones de trabajo, lo que conlleva a una mayor fatiga ocular y una disminución en la capacidad de percepción visual, cansancio, dolor de cabeza entre otros.

En lo que concierne a la seguridad en el entorno laboral, tanto el bienestar visual como la comodidad visual se presentan como elementos de relevancia significativa, puesto que cambios de luz afectan al ojo lo que resulta peligroso, por lo que el nivel de seguridad con el que se realiza la labor, está relacionado directamente con la calidad y cantidad de la iluminación.

Actualmente la eficiencia energética en la luminaria de edificios con tecnologías y diferentes modelos que existen en el mercado, y con estándares altos de calidad, eficacia y confiabilidad, se dispone de una normativa acorde a minimizar el discomfort lumínico al interior del edificio, cumpliendo con estándares altos de iluminancia, minimizando los mantenimientos.

### **1.4.4 Metodología**

Se basa en métodos teóricos y empíricos, que permitirán alcanzar los objetivos propuestos.

**1.4.4.1 El método analítico - sintético:** es un método que se utiliza para crear el marco teórico, y se utiliza una simplificación de la información reunida de internet, libros, normativas y artículos académicos.

**1.4.4.2 El método inductivo - deductivo:** se encuentra dentro del grupo de métodos teóricos, en el proceso de investigación, se utiliza para deducir teorías previamente comprobadas y, de forma interpretativa, se emplea para explicar el tema de estudio. Se parte de una realidad que

tiene el entorno en este caso la Municipalidad de Sevilla de Oro, para que de esta manera se pueda completar y adecuar el proyecto que se desea generar.

**1.4.4.3 El método de diseño tecnológico:** es un método empírico que implica la observación de espacios interiores, como oficinas, callejones, bodegas y salas, entre otros, en el edificio sujeto a estudio. En este proceso, se comprenden las propiedades de las luminarias para la planificación de la infraestructura destinada a pruebas, así como de todos los componentes que forman parte de dicha infraestructura.

**1.4.4.4 El método científico:** se emplea un enfoque empírico que involucra la observación y experimentación para comprender los aspectos tecnológicos. Este enfoque se adapta con el propósito de generar propuestas relacionadas con las distintas luminarias involucradas en el tema.

## CAPÍTULO II

### 2 Marco Teórico

#### 2.1 Iluminación

Representa la densidad de flujo luminoso sobre una determinada superficie, que teóricamente corresponde a la relación entre la superficie a iluminar, además del tamaño de la misma y el flujo luminoso [2].

Se utiliza la letra E para representar la unidad de iluminación, la cual es el Lux ( $\text{lumen/m}^2$ ) [10].

En la tabla que sigue, se indican los valores de iluminancia de acuerdo con el tipo de local a ser iluminado y las actividades, según lo establecido por la normativa vigente (INTE/ISO 8995-1: 2016) a aplicar en la presente investigación [11]:

OFICINAS			
Tipo de interior, tarea o actividad	$E_{mlux}$	$CUD_L$	$R_a$
Archivado, copiado, circulación, entre otros.	300	19	80
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	16	80
Estación de trabajo CAD	500	19	80
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
Puesto (carpeta) de recepción	300	22	80
Lugar de archivos	200	25	80

**Tabla 1:** Naturaleza del local o tipo actividad, y valores recomendados de iluminación [11]

#### 2.2 Magnitudes Lumínicas

##### 2.2.1 Iluminancia

El término hace referencia a la cantidad de flujo de luz ( $\phi$ ) que incide directamente en una superficie, la letra griega Épsilon ( $\varepsilon$ ) la simboliza y es el lux la unidad de medida, que representa los lúmenes por cada metro cuadrado de superficie ( $m^2$ ). [12]. Se define mediante la fórmula:

$$E = \frac{\phi}{S} \left[ \frac{lm}{m^2} \right] \quad \text{Ecuación (1)}$$

$\phi$ : Cantidad de flujo de luz (lúmenes)

$S$ : Superficie por cada metro cuadrado

### 2.2.2 Rendimiento Luminoso

Es importante recalcar que cuando se enciende una luminaria, la energía total no es aprovechada, esto debido a que existen pérdidas en la producción de luz a modo de calor y radiaciones no visibles. Por lo tanto, se puede definir al rendimiento o eficiencia lumínica al flujo luminoso producido por cada unidad de potencia eléctrica consumida y viene dado por la siguiente ecuación [13].

$$\eta = \frac{\varepsilon}{P} \left[ \frac{lm}{W} \right] \quad \text{Ecuación (2)}$$

$\varepsilon$  : Lúmenes por cada metro cuadrado (lux)

$P$  : Potencia eléctrica utilizada (Wattios)

### 2.2.3 Intensidad Luminosa

Se refiere a la cantidad de luz que emana de una fuente de iluminación durante un periodo de tiempo de 1 segundo y un ángulo sólido ( $\omega$ ), la letra I la representa y es la candela su unidad de medida, [13]. Se puede definir la intensidad mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\varepsilon}{\omega} \text{ [candela]} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$\varepsilon$  : Lúmenes por cada metro cuadrado (lux)

$\omega$  : Ángulo solido (grados)

Se muestra un gráfico en la figura 3, de la percepción de la intensidad lumínica desde la perspectiva de un usuario.

## 2.3 Eficiencia Energética en Iluminación

La optimización de la eficiencia energética implica gestionar de manera más efectiva la relación entre la energía eléctrica utilizada por las fuentes de luz o luminarias y la energía suministrada por la red eléctrica. Este enfoque no busca simplemente ahorrar energía, sino mejorar la calidad de la iluminación mientras se reduce el consumo eléctrico [6].

### 2.3.1 Tipos de lámparas y parámetros de funcionamiento

La clasificación de las lámparas se puede dar en las siguientes formas:

Tecnología	Eficacia luminosa (lm/W)
Incandescente	15-25
Halógeno	20-30
Fluorescente compacto	60-65
Fluorescente	55-65
Mercurio	45-60
Sólido de lata presión	80-100
LED	85-105

**Tabla 2:** Cuadro de eficacia luminosa de diferentes tecnologías [6]

**2.3.1.1 Lámpara incandescente:** El proceso de operación de este dispositivo de iluminación se basa en el calentamiento de un filamento de tungsteno mediante la circulación de corriente eléctrica a través de él, dentro de una bombilla de cristal hermética que se encuentra en una atmósfera inerte. Este calentamiento resulta en la emisión de luz visible, pero al mismo tiempo, genera una considerable cantidad de calor [14].

**2.3.1.2 Lámpara de descarga:** En estos dispositivos de iluminación, la producción de luz se caracteriza por su mayor eficiencia. El principio subyacente implica la excitación de un gas

contenido en la lámpara mediante la aplicación de una corriente eléctrica, lo que resulta en la emisión de radiaciones luminosas. [15].

**2.3.1.3 Lámparas de haluros metálicos:** a través de la adición de haluros metálicos en combinación con el mercurio, se consigue mejorar tanto el rendimiento lumínico como la calidad cromática de las lámparas de descarga de mercurio en este tipo de luminarias [15].

**2.3.1.4 Lámparas LED:** Esta tecnología de iluminación de estado sólido, que hace uso de semiconductores para la emisión de luz, se encuentra en la base del concepto de LED, o diodo emisor de luz. La esencia de los LED reside en su capacidad para generar luz a partir de la radiación producida por los electrones en movimiento dentro de un semiconductor sólido [15].

Entre las destacadas ventajas del uso de lámparas LED se encuentran numerosos beneficios [15]:

- La vida útil excepcional de más de 50.000 horas de las lámparas LED supone un importante beneficio en términos de ahorro tanto en costos de sustitución como en el mantenimiento necesario. En contraste, las lámparas incandescentes, tubos fluorescentes y lámparas de bajo consumo presentan una duración considerablemente menor, siendo 50 veces, 10 veces y 6 veces más corta, respectivamente;

- Se alcanza una iluminación de bajo consumo gracias a una mayor eficiencia, la cual puede ser hasta cuatro veces superior a la de una lámpara convencional;

- En el desarrollo de su diseño, los LED están exentos de sustancias dañinas como el mercurio, plomo o gases tóxicos, lo que evita efectos adversos al medio ambiente;

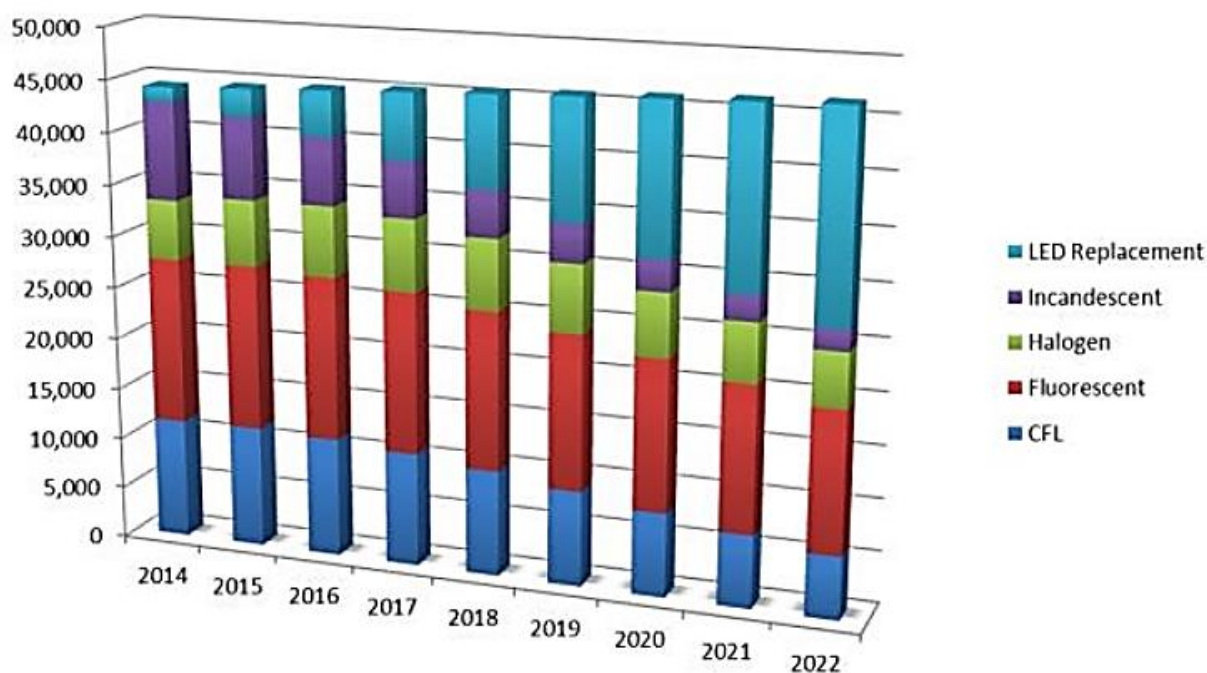
- Posibilita una mayor gestión de la coloración y tonalidad de la luz emitida, disminuyendo así la semejanza con el texto original;

- Al estar construido de manera electrónica, los LED posibilitan un control digital de la intensidad lumínica que emiten, permitiendo una regulación que va desde la total oscuridad hasta su máximo brillo, lo que proporciona mayor flexibilidad y adaptabilidad en la gestión de la iluminación;

- Gracias a su solidez como dispositivos electrónicos, poseen una resistencia sobresaliente, permitiendo su uso en condiciones extremas de temperatura, que van desde  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $+120^{\circ}\text{C}$ ;

- La luminaria LED produce solo luz visible y no genera radiación infrarroja ni ultravioleta, a diferencia de las lámparas incandescentes, fluorescentes o de descarga. Por lo tanto, su aplicación

en la iluminación de objetos, como obras de arte, productos sensibles o alimentos, textiles, entre otros, evita el calentamiento y el daño a las piezas iluminadas, convirtiéndola en una elección idónea.



**Figura 1:** Evolución de las lámparas instaladas a nivel mundial [16]

La siguiente tabla presenta una diversidad de lámparas y sus respectivos rendimientos habituales. En este contexto, la eficiencia se refiere a la proporción de la energía total consumida por la lámpara que se convierte en energía radiante perceptible por el ojo humano [15].

Eficiencia de tipos de lámparas	
Lámpara incandescencia de filamento de 100 W	14 lúmenes/watio
Lámpara halógena de tungsteno de baja tensión	20 lúmenes/watio
Lámpara LED de 42 W	88 lúmenes/watio
Tubo fluorescente de 58 W	89 lúmenes/watio
Lámpara de sodio de alta presión de 400 W	125 lúmenes/watio
Lámpara de sodio de baja presión de 131 W	198 lúmenes/watio

**Tabla 3:** Tipos de lámparas y su eficiencia [15]

## 2.4 Color

Incide de manera fundamental en la reproducción de los colores de los objetos que ilumina, la elección del matiz de la luz emitida por una lámpara, conocido como temperatura de color [15].

La tonalidad de color de las lámparas se encuentra influenciada por su temperatura de color, lo que facilita su clasificación en tres categorías principales [15]:

Temperatura de color, $T_c$	Apariencia en color
$T_c > 5000 \text{ K}$	Fría o diurna
$3300 \leq T_c \leq 5000 \text{ K}$	Neutra o intermedia
$T_c < 3300 \text{ K}$	Cálida

**Tabla 4:** Apariencias y temperaturas en el color de la luz [15].

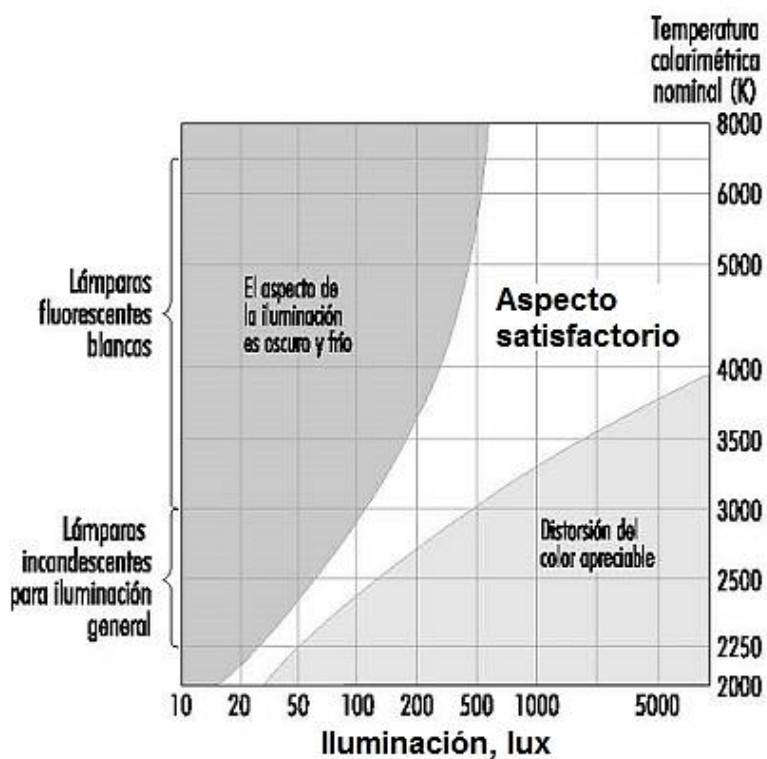
Además, la apariencia en color no es el único factor determinante para la tonalidad de la iluminación. La interacción entre la iluminancia y la representación cromática de la lámpara es lo que configura la impresión total que experimentamos [15]:

Iluminancia, $E$ (lux)	Apariencia en color de la luz		
	Cálida	Neutra	Fría
$E \leq 500$	Agradable	Neutra	Fría
$500 < E < 1000$	↓	↓	↓
$1000 < E < 2000$	Estimulante	Agradable	Neutra
$2000 < E < 3000$	↓	↓	↓
$E \geq 3000$	No neutral	Estimulante	Agradable

**Tabla 5:** Iluminación y su aspecto final [15]

A continuación, se representa gráficamente la influencia de la temperatura colorimétrica de la lámpara y el nivel de iluminancia en la percepción del confort visual [15]:





**Figura 2:** Confort visual [15]

En última instancia, se implementa el índice de rendimiento del color de las lámparas (IRC o Ra) para evaluar la fidelidad en la reproducción de los colores. El Comité Español de Iluminación propone una clasificación de las lámparas según su capacidad para representar fielmente los colores [15]:

Grupo	Ra	Apariencia	Aplicaciones
1	$Ra \geq 85$	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Neutra	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	$70 \leq Ra < 85$	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas cálidos)
		Neutra	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (climas fríos)
3	$Ra < 70$		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Para aplicaciones especiales

**Tabla 6:** Apariencia y rendimientos en color [15]

## 2.5 Deslumbramiento

La sensación de deslumbramiento se origina debido a la presencia de zonas intensamente iluminadas en el campo visual y puede percibirse como una molestia o una interferencia [11].

Es esencial evitar el deslumbramiento para prevenir errores, fatiga y accidentes, y se debe prestar especial atención a situaciones en las que la dirección de la mirada esté por encima del plano horizontal [11].

Las dos modalidades de deslumbramiento, la perturbadora y la incómoda, se distinguen claramente. La primera se produce cuando un velo luminoso deteriora la visión, volviéndola borrosa y carente de contraste, desapareciendo cuando cesa la fuente; un ejemplo evidente se presenta al conducir de noche y cruzarse con otro vehículo con las luces altas encendidas. La segunda modalidad, la cual es la principal causa de deslumbramiento en ambientes interiores, se origina debido a la intensidad excesiva de la luz que llega a los ojos, generando fatiga visual [14].

En lugares de trabajo en el interior, una fuente de molestia puede surgir si hay una visión directa de luminarias brillantes o ventanas resplandecientes, lo que puede ser incómodo para los trabajadores [14].

Si se cumplen los criterios de control de deslumbramiento no deseado, la presencia de deslumbramiento perturbador no se considera un asunto relevante [14].

Adoptando las siguientes estrategias, es factible prevenir o reducir los efectos perjudiciales de las reflexiones muy brillantes en la visibilidad durante una tarea visual, incluyendo las reflexiones de velo y el deslumbramiento reflejado [14]:

- Distribución de las luminarias y los lugares de labor.
- El empleo de acabados mate es un proceso que involucra el tratamiento de las superficies.
- Imposición de un límite a la luminosidad de las luminarias.
- Ampliación de la zona iluminada.
- Superficies del techo y las paredes con acabados brillantes.

## **2.6 Sistemas de iluminación con leds**

Al planificar un sistema de iluminación que utilice tecnología LED, se debe tener en cuenta las características específicas de la construcción a iluminar y las necesidades del usuario final, ya que centrarse únicamente en la potencia eléctrica consumida o el flujo luminoso producido sería un error. Por lo tanto, la planificación del sistema, al igual que la iluminación convencional, debe abordar el rendimiento, la calidad y la eficiencia lumínica de sus elementos, además de cumplir con las especificaciones arquitectónicas propias de cada estructura [17].

## CAPÍTULO III

### **3 Proceso para dimensionamiento de iluminación en una entidad pública**

#### **3.1 Levantamiento de información**

El primer paso fundamental en el proceso de dimensionamiento de un sistema de iluminación en una entidad pública consiste en llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los datos existentes relacionados con el espacio y la iluminación en la edificación. Esta evaluación se convierte en el punto de partida esencial para diseñar un sistema que no solo cumpla con los estándares de eficiencia energética, sino que también garantice condiciones de iluminación óptimas para el bienestar y la productividad de los ocupantes [18].

##### **3.1.1 *Estado actual de las instalaciones***

La información detallada de las instalaciones respecto a los espacios, es relevante para realizar estudios y tomar decisiones de dimensionamiento en el proyecto de iluminación planteado: [18].

- Edificación y áreas laborales: se especificará la estructura y se detallarán todas las diversas secciones a analizar en el proyecto.
- Superficie de cada espacio de trabajo: se expondrán las dimensiones de cada región, permitiendo luego cuantificar y distinguir el impacto de las acciones en cada una.
- Dispositivos de iluminación: se señalará la cantidad y el tipo de tecnología utilizada en cada caso.
- Programación de uso diurno y nocturno: mediante los horarios de funcionamiento, se podrán calcular los consumos eléctricos actuales de los sistemas de iluminación.
- Tecnología de gestión: se especificará el control adicional al encendido y apagado programado.
- Estimación de consumo por área: indica el consumo proyectado para cada superficie considerando la potencia instalada y sus dispositivos adicionales.

- Cálculo de costos estimados: basándose en la potencia instalada de cada tipo de luminaria, las tecnologías de gestión y los horarios de uso, se podrán calcular los consumos en cada sección y el total.

### 3.1.2 *Análisis ergonómico de la iluminación*

Está conformado por elementos que se deben tener en cuenta para lograr una iluminación que asegure el confort visual de manera constante, permitiendo discernir formas, colores, objetos en movimiento y apreciar los relieves de manera fácil y sin fatiga [2].

El análisis ergonómico de la iluminación en un lugar de trabajo implica considerar los siguientes factores [2]:

**3.1.2.1 • Factores Ambientales.** En el análisis de los factores ambientales se consideran [2]:

- Medidas (Longitud y extensión del espacio).
- Paleta cromática (color).
- Forma (Figura del área sujeta a examen).
- Propósito.
- Superficie (características texturales de las partes externas de los objetos).

Se recomienda el uso de luz blanca con tonos rojizos en entornos residenciales, clasificados como tonos cálidos. Para entornos laborales, se sugiere la luz blanca, denominada tonos intermedios. En actividades que requieren una iluminación intensa o en áreas de clima cálido, se aconseja la luz blanca con tonos azulados, llamada tonos fríos [2].

**3.1.2.2 • Factores del Observador.** La edad es un factor influyente. La aptitud visual implica la capacidad fisiológica del ojo humano para ajustar el enfoque a diferentes distancias, controlando el espesor y la longitud focal del cristalino a través del músculo ciliar [2].

Las principales facultades oculares determinan la capacidad visual de un individuo, estas abarcan:

- Agudeza visual: es la capacidad de discernir la diferencia entre dos objetos, luminosos o iluminados, situados en proximidad a una distancia fija del observador. Cuando estos objetos se alejan más allá de cierto límite, resulta imposible distinguirlos debido a que sus imágenes se forman en la misma parte sensible de la retina.

- Sensibilidad al contraste: mide la habilidad del sistema visual para distinguir entre un objeto y el fondo sobre el que se sitúa. Un ejemplo claro es la diferencia entre alto y bajo contraste, como un objeto negro sobre un fondo blanco (alto contraste) o un gato blanco sobre un fondo de nieve blanca (bajo contraste).
- Velocidad de percepción: el ojo no responde de manera instantánea al estímulo lumínico, por lo que la percepción visual no es instantánea. Si el ojo está expuesto a una fuente de luz que varía rápidamente en intensidad, la persistencia de la percepción visual a veces impide detectar esa variación, como ocurre en cine y televisión.

**3.1.2.3 • Factores de la tarea.** Para una iluminación efectiva, es fundamental considerar los factores que inciden en la tarea [2].

- Complejidad de la labor (tiempo requerido, rapidez de respuesta, etc.).
- Contraste (la evaluación de la disparidad de brillo entre dos secciones del campo visual).
- Medidas de los elementos para observación o manipulación.

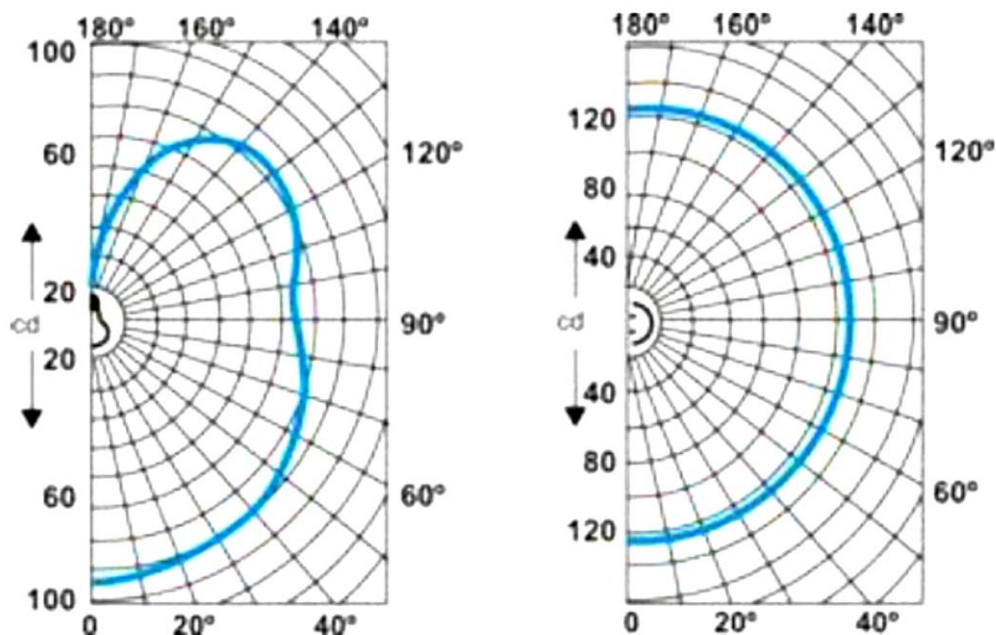
**3.1.2.4 • Factores de la estructura.** Se examinan los factores condicionantes que pertenecen a la estructura considerando [2]:

- • Ubicación de los puntos de iluminación.
- • Distribución de la luz (ya sea difusa o focalizada). La emisión de flujo luminoso desde una fuente lumínica se distribuye en el entorno variando en dirección e intensidad conforme a sus atributos constructivos.

Las curvas fotométricas son representaciones gráficas que muestran la distribución de la intensidad luminosa de una fuente de luz en diferentes direcciones. Estas curvas son esenciales para comprender cómo la luz se emite y distribuye desde una lámpara en específico. En la figura 3, se detalla la cantidad de luz (cd), que se distribuye a través del área iluminada de una lámpara incandescente y una fluorescente, variándola intensidad según el ángulo de proyección, es importante señalar que las curvas fotométricas específicas pueden variar según el modelo y el fabricante de cada lámpara [2].

La distribución lumínica en aplicaciones luminotécnicas a menudo no se ajusta apropiadamente, pudiendo generar excesos de luz en áreas no necesarias o direccionar intensidades elevadas que podrían deslumbrar al observador. La iluminancia es el componente del sistema que

ajusta la distribución lumínica primaria de la fuente de luz a las demandas específicas de la aplicación [2].



**Figura 3:** Curvas fotométricas de lámpara incandescente y fluorescente [2]

- Diseño y tipología de los puntos de iluminación.
- Vínculo entre la luz natural y artificial.

**3.1.2.5 • Factores para el Confort Visual.** Para asegurar un ambiente visualmente cómodo, se deben priorizar tres elementos, enumerados según su importancia [2]:

- Equilibrio de las luminancias.
- Nivel de iluminación.
- Control de los deslumbramientos.

Sin embargo, otro aspecto vital para asegurar un ambiente laboral cómodo es el tipo de iluminación: natural o artificial. Aunque se prefiere la luz natural, esta no es suficiente por sí sola, ya que varía a lo largo del día. Por lo tanto, es esencial compensar su ausencia o inconsistencia con iluminación artificial para garantizar un nivel adecuado de iluminación en los espacios de trabajo [2].

### 3.1.3 Entrevista a empleados de la entidad pública

Para contrastar los datos tomados de la edificación, es recomendable realizar una encuesta basada en preguntas de conformidad con la iluminación presente en los lugares de trabajo. A continuación, se detallan ejemplos de una posible encuesta para la recopilación de respuestas según la opinión de los trabajadores de la entidad pública:

1. ¿Como calificaría usted la iluminación en su lugar de trabajo?			
Adecuada ( )	Algo molesta ( )	Molesta ( )	Muy molesta ( )
2. ¿Como regularía usted la cantidad de luz en su lugar de trabajo para sentirse más cómodo?			
Mas luz ( )	Sin cambio ( )	Menos luz ( )	
3. Señale si está de acuerdo o no con las afirmaciones descritas a continuación:			
a. Debo esforzarme para ver mientras desempeño mis labores.	SI	NO	
b. La intensidad lumínica en mi área de trabajo es excesiva.	SI	NO	
c. La iluminación ocasiona brillos o reflejos en varios objetos de mi entorno laboral.	SI	NO	
d. Algunas fuentes lumínicas directas me incomodan al incidir en mis ojos desde lámparas o ventanas.	SI	NO	
e. La escasez de luz en mi área de trabajo dificulta mi desempeño.	SI	NO	
f. La percepción de los colores se ve dificultada en mi lugar de trabajo.	SI	NO	
g. Algunas zonas de trabajo presentan sombras molestas.	SI	NO	
h. Requeriría un mayor nivel de iluminación para trabajar de manera más confortable.	SI	NO	
i. En ciertas superficies y herramientas de trabajo, se observan reflejos que dificultan la tarea.	SI	NO	
j. La observación de las lámparas resulta molesta para mí.	SI	NO	
k. Hay presencia de luces intermitentes en mi área de trabajo.	SI	NO	

**Tabla 7:** Encuesta adecuada según referencia [19]

### 3.2 Mediciones y recopilación de datos



La mínima fatiga se logra con un nivel de luz que maximice el rendimiento en la tarea correspondiente. La adecuación visual del nivel de luminosidad se regula hasta los 1000 lux, procediendo a estabilizarse hacia alrededor de los 2000 lux. La planificación lumínica se ajusta en función de la tarea y considera aspectos como la edad del trabajador y las condiciones del entorno laboral. Complementar la iluminación general con la localizada se vuelve crucial para mantener un nivel uniforme en todas las áreas, evitando espacios con iluminación por debajo del 75% del promedio [2].

En la recolección de datos de las mediciones lumínicas, se debe tener en cuenta la norma de referencia y otras normas comparativas, para así establecer los diferentes estándares de calidad necesarios en los sectores abordados en el proyecto de iluminación. En la siguiente la tabla 8 se presentan estándares según la norma española EN 12464-1: 2002 [20].

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN
Zona donde se ejecuten tareas como:	
1. Bajas exigencias visuales	100 lux
2. Exigencias visuales moderadas	200 lux
3. Exigencias visuales altas	500 lux
4. Exigencias visuales uy altas	1000 lux
Áreas o locales de uso ocasional	50 lux
Áreas o locales de uso habitual	100 lux
Vías de circulación de uso ocasional	25 lux
Vías de circulación de uso habitual	50 lux

**Tabla 8:** Ejemplo de niveles de iluminación según la norma española (EN 12464-1: 2002) [20]

### 3.2.1 *Equipo de medición especializado usado en el trabajo (Luxómetro)*

El principio de medición se basa en el efecto fotoeléctrico o emisión de electrones, donde la celda fotoeléctrica, compuesta por capas de selenio y una capa semitransparente de plata, actúa como electrodos. Estos electrodos se conectan a un circuito electrónico en el dispositivo [19].

El dispositivo de medición de luz utilizado para recopilar datos cuenta con una respuesta espectral ajustada según la curva de visión estándar. Además, dispone de un difusor corrector de coseno para asegurar la medición precisa de la iluminación en la ubicación del instrumento [19]:

### **3.2.2 *Determinación de la iluminación***

Al realizar la evaluación in situ de las instalaciones de la edificación, es importante llevar a cabo mediciones de iluminancia para investigar y determinar las condiciones ambientales que inciden en los datos obtenidos y en la percepción visual de los individuos. Las mediciones realizadas en el campo son válidas únicamente para las condiciones presentes en el entorno laboral, siendo de estimación considerar todos los factores que impactan en la iluminación, el entorno y los elementos que pueden influir en los resultados. Estos aspectos abarcan desde la disposición de las lámparas, su tipo y antigüedad, la reflectancia de las superficies de trabajo, la tensión eléctrica, hasta los instrumentos empleados para la recopilación de datos. En la tabla se muestra un ejemplo de los datos de iluminación en los puestos de trabajo y la lectura promedio de los mismos. [19].

Se suele acoplar el siguiente procedimiento para que la iluminancia media existente en el área de trabajo sea determinada [19]:

- Fragmentar el área que se va a evaluar en términos de iluminación en secciones preferentemente equitativas, cuya dimensión principal no supere los 0.6 metros en espacios interiores.
- Poner en funcionamiento las instalaciones eléctricas y mantenerlas operativas durante 30 minutos; se reserva un lapso de 5 a 10 minutos para que el instrumento se estabilice ante la iluminación existente.
- Utilizar un luxómetro para medir la iluminación en el centro de cada área unitaria o en puntos específicos, colocando el dispositivo a la altura del plano de trabajo correspondiente.
- Es esencial que el personal encargado de las mediciones no influya en los resultados, tomando las precauciones adecuadas.
- Asegurarse de que la superficie receptora del luxómetro esté alineada horizontalmente con el plano intermedio necesario para la medición durante el proceso de evaluación.

N°	Puesto de trabajo	Lectura 1 (lux)	Lectura 2 (lux)	Lectura 3 (lux)	Promedio (lux)
1	Gerente	67,5	70,7	71,5	69,9
2	Encargada Administrativa	133	149,5	148,5	143,7
3	Vendedor Externo 1	175	198,1	199,4	190,8
4	Vendedor Mesón 1	333	329,3	337,5	333,3
5	Vendedor Externo 2	193	232	212,3	212,4
6	Vendedor Mesón 2	178	193	194,1	188,4
7	Vendedor Mesón 3	201	226,2	231,7	219,6
8	Jefe de Bodega	65,3	66,8	88,2	73,4
				E	178,9

**Tabla 9:** Nivel de iluminación según el puesto de trabajo y su promedio (ejemplo) [19]

### 3.3 Revisión de normas de iluminación en entidades públicas

#### 3.3.1 ISO 8995:2002/CIE S 008-2001, IDT: Iluminación de puestos de trabajo en interiores

Esta regulación establece los criterios lumínicos para los entornos laborales internos, asegurando que las labores visuales se realicen de manera eficiente, cómoda y segura a lo largo de toda la jornada de trabajo. En la tabla 10 se muestra la iluminancia de los entornos inmediatos en relación al nivel de iluminación de la tarea [21].

Iluminancia de la tarea (lux)	Iluminancia de los entornos inmediatos (lux)
$\geq 750$	500
500	300
300	200
$\leq 200$	Igual a la iluminancia de la tarea

**Tabla 10:** Nivel de iluminancia en entornos inmediatos a la tarea [21].

#### 3.3.2 UNE EN 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo

La creación de ambientes adecuados a las múltiples tareas que se realizan en las oficinas es una ventaja adicional de un buen sistema de iluminación. Además, la iluminación apropiada, al brindar la luz necesaria en los momentos oportunos y lugares indicados, permite a los trabajadores

realizar sus labores eficientemente sin esforzarse visualmente, como indica los parámetros en la tabla 11. La reducción del cansancio visual se logra al minimizar los parpadeos molestos de las lámparas fluorescentes mediante el uso de dispositivos electrónicos, según las pautas de la normativa UNE 12464-1, que también regula el deslumbramiento y la fidelidad del color [22].

OFICINAS					
N° REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{mlux}$	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$
1.1	Archivo, copias, etc.	300	19	0,4	80
1.2	Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos	500	19	0,6	80
1.3	Dibujo técnico	750	16	0,7	80
1.4	Puestos de trabajo de CAD	500	19	0,6	80
1.5	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,6	80
1.6	Mostrador de recepción	300	22	0,6	80
1.7	Archivos	200	25	0,4	80

**Tabla 11:** Oficinas y sus parámetros de lux correspondientes [22].

### 3.3.3 RETILAP: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público

El propósito principal de este reglamento técnico es establecer los estándares y directrices que deben ser cumplidos por los sistemas de iluminación y alumbrado público. Esto se dirige a asegurar los niveles y la calidad de la luz necesaria para actividades visuales, garantizar la seguridad en el suministro de energía, proteger a los consumidores y preservar el medio ambiente. Además, busca prevenir, reducir o eliminar los riesgos asociados con la instalación y utilización de estos sistemas de iluminación. En la tabla 12 se observa las clases según el índice de reproducción de color establecidas por la norma RETILAP, resolución N° 180540 [23].

Clase	Índice de reproducción de color (CRI ó Ra) %
1A	> 90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

**Tabla 12:** Índice de reproducción del color y su clasificación [23].

### 3.3.4 INTE/ISO 8995-1:2016: Iluminación de los lugares de trabajo

Esta regulación establece los criterios lumínicos necesarios en entornos laborales para facilitar la realización eficiente y segura de las tareas visuales a lo largo de la jornada laboral, ofreciendo confort visual [11].

Esta regulación no detalla la manera de desarrollar sistemas o técnicas lumínicas específicas para optimizar las soluciones en contextos laborales particulares. Tales pautas se encuentran en los informes y directrices proporcionadas por la norma CIE S 008/E [11].

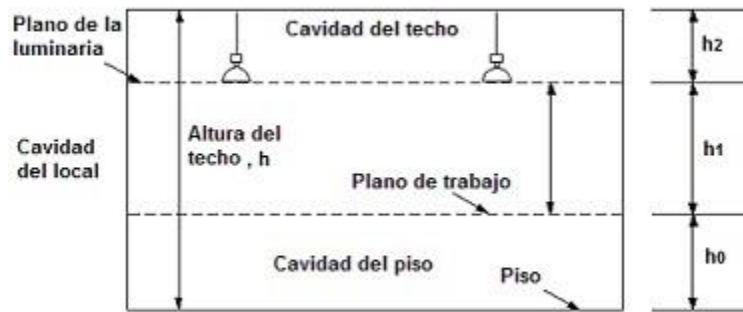
OFICINAS	$E_m(\text{lux})$	$CUD_L$	$R_a$	Observaciones
Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	80	
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80	Para trabajar en TPV
Dibujo técnico	750	16	80	
Estación de trabajo CAD	500	19	80	Para trabajar en TPV
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Buró de recepción	300	22	80	
Archivos	200	25	80	

**Tabla 13:** Tareas y actividades en áreas interiores con especificación de la iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la calidad de color [11].

## 3.4 Estudio de la luz en entidades públicas

### 3.4.1 Altura de suspensión

En recintos como residencias, espacios de trabajo y aulas con una altura típica, alrededor de 3 metros de distancia entre el suelo y el techo, se buscará instalar las luminarias a la mayor altura posible [12].



**Figura 4:** Geometría del local [12]

En situaciones alternativas que involucran alturas mayores, la elección de la ubicación adecuada para las luminarias estará influenciada por la selección del sistema de iluminación [12].

Se ofrecen algunas recomendaciones en relación a la distancia de suspensión ( $h_1$ ) de las luminarias, de acuerdo con la ilustración previamente presentada [12]:

- Iluminación en locales de tipo directa, semidirecta y difusa:

➤ Altura mínima:

$$h_1 = \frac{2}{3} (h - h_0) \quad \text{Ecuación (4)}$$

➤ Altura óptima:

$$h_1 = \frac{4}{5} (h - h_0) \quad \text{Ecuación (5)}$$

- Locales con iluminación de tipo indirecta:

➤ Altura mínima:

$$h_2 = \frac{1}{4} (h - h_0) \quad \text{Ecuación (6)}$$

➤ Altura óptima:

$$h_1 = \frac{1}{4} (h - h_0) \quad \text{Ecuación (7)}$$

### 3.4.2 Índice de Local

La determinación del índice del local ( $k$ ) del área se basa en las dimensiones del espacio a ser iluminado. Si se emplean  $a$  y  $b$  para describir el ancho y largo del espacio, y  $h_1$  representa la distancia a la que se ubican las luminarias respecto al plano de trabajo, entonces la ecuación para calcular el índice del espacio varía en función del sistema de iluminación que se escoja [15]:

- Iluminación en locales de tipo directa, semidirecta y difusa:

$$k = \frac{a \cdot b}{h_1 \cdot (a + b)} \quad \text{Ecuación (8)}$$

- Iluminación en locales de tipo indirecta y semi-indirecta:

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h_1 + h_0) \cdot (a + b)} \quad \text{Ecuación (9)}$$

### 3.4.3 Factor de utilización

El valor del coeficiente de utilización utilizado por los fabricantes de luminarias se detalla a continuación. El coeficiente de utilización ( $\eta$ , CU) se encarga de medir la proporción entre el flujo luminoso que llega a la superficie de trabajo y el flujo luminoso que emite la luminaria. Esto cuantifica la cantidad de luz efectiva aprovechada en la superficie de trabajo, considerando la interacción con las luminarias y las superficies circundantes [15].

A continuación, en la tabla 14, se especifica el valor del coeficiente de utilización empleado por los fabricantes de luminarias [15]:

Índice del local, K	Factor de utilización, $\eta$								
	Factor de reflexión del techo								
	0,7			0,5			0,3		
	Factor de reflexión de las paredes								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
1	0,28	0,22	0,16	0,25	0,22	0,16	0,26	0,22	0,16
1,2	0,31	0,27	0,20	0,30	0,27	0,20	0,30	0,27	0,20
1,5	0,39	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26
2	0,45	0,40	0,35	0,44	0,40	0,35	0,44	0,40	0,35
2,5	0,52	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41
3	0,54	0,50	0,45	0,53	0,50	0,45	0,53	0,50	0,45
4	0,61	0,56	0,52	0,59	0,56	0,52	0,58	0,56	0,52
5	0,63	0,60	0,56	0,63	0,60	0,56	0,62	0,60	0,56
6	0,68	0,63	0,60	0,66	0,63	0,60	0,65	0,63	0,60
8	0,71	0,67	0,64	0,69	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64
10	0,72	0,70	0,67	0,71	0,70	0,67	0,71	0,70	0,67

**Tabla 14:** Valores de factor de utilización [15]

#### 3.4.4 Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento se convierte en un componente crítico para el éxito de un proyecto de iluminación, reflejando la importancia de mantener y cuidar adecuadamente las instalaciones de iluminación [12].

Además, es fundamental considerar que las lámparas experimentan disminuciones en su flujo luminoso debido a diversos factores, como el envejecimiento, la acumulación de polvo en sus superficies y los efectos de la temperatura, entre otros aspectos [12].

#### 3.4.5 Determinación del flujo luminoso



Se inicia el proceso al determinar el flujo luminoso total ( $\Phi_T$ ) necesario en el nivel del plano de trabajo. Esto es esencial para garantizar que la iluminancia promedio requerida para la actividad en el lugar de trabajo sea adecuadamente cumplida [15].

### **3.4.6 *Percepción de los objetos***

Para alcanzar la focalización de objetos cercanos, es necesario ajustar la convexidad de la lente ocular mediante la contracción de los músculos ciliares. A medida que el objeto se acerca, la convexidad de la lente debe aumentar. Este proceso, denominado acomodación visual, también implica cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo se centra en objetos distantes, la pupila permanece dilatada. Sin embargo, al desplazar la atención hacia objetos cercanos, la pupila se contrae ligeramente, lo que permite una observación más detallada y penetrante, aunque con una menor cantidad de luz que ingresa al ojo [24].

La adaptación visual permite al ojo humano funcionar de manera efectiva en una amplia gama de condiciones de iluminación. Esto se logra mediante cambios en el tamaño de la pupila y procesos fotoquímicos en la retina. La pupila se ajusta según la cantidad de luz disponible: se dilata en entornos oscuros y se contrae en lugares más iluminados. Esta adaptación es especialmente notable al pasar de un entorno bien iluminado a uno más oscuro o cuando una fuente de luz intensa entra en el campo visual [24].

### **3.4.7 *Distribución de la luz en Entidades Públicas***

La obtención de una iluminación adecuada en un espacio de gran tamaño implica la necesidad de emplear varias fuentes de luz. Cabe mencionar que estas fuentes no irradian luz en todas las direcciones ni con la misma intensidad. Por lo tanto, en un mismo entorno, es factible identificar áreas con insuficiente iluminación, junto a zonas que disfrutan de un nivel lumínico satisfactorio [25].

Para lograr un ambiente agradable y eficiente en edificios públicos, es esencial prestar atención tanto a la iluminación natural como a la artificial. Dado que cada área tiene sus propias funciones y actividades, la iluminación debe adaptarse de manera correspondiente para satisfacer las necesidades específicas de cada espacio [25].

Garantizar la iluminación de un espacio va más allá de la simple instalación de bombillas para suplir la falta de luz natural. Es esencial que la iluminación ofrezca el confort deseado y, al

mismo tiempo, integre un aspecto estético global al lugar que se está iluminando. Esto implica destacar áreas específicas, ampliar visualmente el espacio, resaltar señalizaciones, añadir personalidad a la edificación y facilitar las tareas cotidianas que se realizan en dicho espacio [25].

En un entorno de oficina típico, se llevan a cabo tareas habituales como el uso de computadoras y la revisión de documentos. Para la computación, una iluminación general es adecuada. Sin embargo, es fundamental considerar la eficacia luminosa para lograr ahorros energéticos y económicos. Cuanto más eficiente sea la bombilla, mayores serán los ahorros. Asimismo, la longevidad de la bombilla es un aspecto relevante. A medida que la vida útil de la bombilla se prolonga, se reduce la necesidad de reemplazarla con frecuencia, lo que amortiza la inversión inicial en la bombilla con los ahorros en la factura de energía [25].

### ***3.4.8 Rango de agudeza de la luz en Entidades Públicas***

La fatiga visual, derivada de la adaptación constante de los ojos debido a las variaciones en la luminosidad del entorno, puede dar lugar a una disminución en la eficiencia visual. Además, una iluminación inadecuada en el lugar de trabajo puede conllevar a la fatiga ocular, agotamiento, cefaleas, estrés y, en última instancia, aumentar el riesgo de accidentes [19].

La modificación repentina en la intensidad lumínica conlleva riesgos, ya que puede provocar una ceguera temporal mientras la vista se aclimata al nuevo nivel de iluminación. La capacidad de llevar a cabo el trabajo de forma segura se encuentra ligada a la capacidad visual, la cual, a su vez, se ve influenciada por la cantidad y calidad de la iluminación disponible. Un ambiente bien iluminado no es simplemente aquel con una cantidad adecuada de luz, ya que la disposición incorrecta de las luminarias también puede tener un impacto en la percepción del entorno [19].

La comodidad visual no debe verse afectada por la elección de lámparas eficientes. Una vez que se ha seleccionado el tipo de lámpara adecuado para la actividad y el espacio, se debe optar por aquellas que reduzcan las pérdidas y mejoren la eficiencia dentro del mismo tipo [15].

La ineficiente iluminación en los distintos lugares de trabajo afecta negativamente la seguridad de los trabajadores, dificultando su capacidad para realizar sus labores de manera efectiva. Además, la distribución inadecuada de los puntos de luz complica la creación de un entorno visual cómodo y apropiado [19].

La ausencia de investigaciones sobre la medición de los niveles de iluminación en los lugares de trabajo conduce a la presencia de condiciones subóptimas en las tareas llevadas a cabo por el personal administrativo, debido a la falta de una estructura organizativa definida y a la falta de inversión en cuestiones relacionadas con la seguridad y salud ocupacional. Esto puede resultar en posibles sanciones legales, financieras y administrativas. Es imperativo llevar a cabo una evaluación técnica de los riesgos asociados con el malestar lumínico para comprender su influencia en la seguridad y el bienestar en el entorno laboral [19].

Durante el año que transcurrió entre noviembre de 2021 y noviembre de 2022, se evidenció un aumento de 8.817 empleados en el sector público. La fuerza laboral del sector público en su totalidad asciende a 478.485 personas, abarcando una variedad de profesiones, desde médicos y docentes hasta agentes de policía y personal militar, así como funcionarios de gobiernos locales y diversas entidades gubernamentales [26].

### 3.5 Metodología de investigación

Se utilizó la modalidad de investigación en campo de carácter cuantitativo, recolectando datos en el edificio de la Municipalidad Sevilla de Oro, donde se estudió varios elementos que influyen en la recopilación de los datos.

#### 3.5.1 Operacionalización de variables

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
El disconfort lumínico en el lugar de trabajo es toda condición en la que los trabajadores por la mala distribución de los puestos de trabajo y de las luminarias sienten algún tipo de incomodidad visual [19].	Lugar de trabajo	Niveles de iluminación Valor de eficiencia energética de la instalación	Utilización de equipos de medición: Luxómetro, Medidor de laser a distancia. Mapeo de iluminación. Planos eléctricos.
	Puesto de Trabajo	Propuesta de cambio de tecnología de iluminación	Consumo energético

**Tabla 15:** Variables dependientes e independientes

Para comenzar, se efectúa la evaluación de la luminosidad, para la cual se requiere un plano preexistente o la creación de un nuevo plano o esbozo del espacio en cuestión. Dicho espacio se segmenta en zonas identificadas como "punto de muestreo", cada uno con una numeración en secuencia. Como ejemplo, a continuación, se presenta una ilustración:



**Figura 5:** Mallas por plano con puntos de medición.

A continuación, se toma en cuenta cada punto de muestreo y se crea un plano que detalla sus medidas. Esta técnica se basa en la cuadrícula o grilla y se centra en la evaluación de la iluminación en el edificio, con un enfoque en la eficiencia lumínica y los elementos que tienen un impacto positivo en la misma.

La medición de la iluminación es una faceta esencial en la recopilación de datos cuantitativos. Para llevar a cabo esta tarea, se empleará un luxómetro, el cual permitirá evaluar los niveles de iluminancia (lux) en distintas áreas, ajustándose a las actividades específicas y a las

normativas correspondientes. Al mismo tiempo, se investigará el uso de luminarias que optimicen el consumo energético y satisfagan los requerimientos operativos en los edificios.

Después de examinar exhaustivamente el estado presente del sistema de iluminación en el edificio, que involucra el análisis de los datos del inventario y la revisión del consumo eléctrico, se avanza en la creación de una propuesta para mejorar la situación en el área de enfoque.

### **3.5.2 Fases Metodología de investigación**

#### **3.5.2.1 Diagnóstico de iluminación del edificio**

##### **3.5.2.1.1 Cálculo Índice local**

Las mediciones de ancho, largo y alto se llevan a cabo en la zona designada para la toma de medidas. Estas dimensiones, representadas como (a), (b) y (H), se obtienen a partir de los planos de trabajo específicos de cada estación. Es esencial considerar la presencia de la cavidad local al realizar estas mediciones (espacio entre la lámpara y la superficie).

##### **3.5.2.1.2 Cálculo dimensiones del local y altura del plano de trabajo**

El índice del local fue el punto de partida para calcular la cantidad mínima de puntos de medición necesarios, con la utilización del luxómetro y el medidor a distancia, obteniendo los valores que se detallaron en la tabla 6.

##### **3.5.2.1.3 Determinación iluminación media**

Se basará en la Norma INTE/ISO 8995-1: 2016, misma que define los parámetros establecidos para las diferentes áreas, tareas y actividades de iluminación con el objetivo de contribuir en cantidad y calidad para establecer una comodidad visual a los trabajadores del edificio.

##### **3.5.2.1.4 Determinación del coeficiente de utilización y factor de mantenimiento**

La determinación de este coeficiente se basa en la luminaria, la fuente luminosa, además que se debe considerar la cavidad y las reflexiones.

Respecto al factor de mantenimiento, se hace alusión a la relación entre la iluminancia media de la actividad en un intervalo determinado y la iluminancia media al inicio de la misma.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, de forma que se verificará [27]:

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

$f_m$ : factor de mantenimiento.

FDFL: factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL: factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU: factor de depreciación de la luminaria.

Según la norma INTE/ISO 8995-1: 2016, el valor del factor de mantenimiento no debería ser menor de 0,70.

Para el presente estudio se modelará en el programa Dialux el cual realizará los cálculos del coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento.

### **3.5.2.1.5 Cálculo flujo luminoso**

El cálculo del flujo luminoso se ejecutará mediante el software Dialux, el cual modelará la situación actual del edificio y proyectará las correcciones respectivas con el cambio de topología y tecnología, ajustándose a lo que establece la norma INTE/ISO 8995-1: 2016.

El flujo total se define de la siguiente manera [15]:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

$\Phi_T$ : flujo luminoso requerido en el plano de trabajo (lm)

$E_m$ : luminancia requerida según actividad (lx)

$S$ : superficie del plano de trabajo (m<sup>2</sup>)

$\eta$ : factor de utilización (según tabla 14)

$f_m$ : factor de mantenimiento

La norma INTE/ISO 8995-1: 2016 nos señala en su apartado 22-oficinas, también resumido en la tabla 13, la cantidad de iluminación (lx ó lm/m<sup>2</sup>) requerida según la actividad a realizar y tipo de oficina.

### **3.5.2.1.6 Cálculo para el valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI)**

Hoy en día la eficiencia energética es indispensable en estudios de iluminación, que induce un ahorro energético en las instalaciones con una disminución en el consumo de energía eléctrica.

En el presente estudio la eficiencia energética se evaluará con el sistema Dialux, expresado en W/m<sup>2</sup> por cada 100 luxes [28].

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

P: Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas (W)

S: Superficie iluminada (m<sup>2</sup>)

$E_m$ : Iluminancia promedio horizontal mantenida (luminancia requerida en lux)

### **3.5.2.1.7 Cálculo de la estimación del ahorro en iluminación mensual**

Se establece el consumo eléctrico en función de la cantidad de luminarias presentes en la zona a ser renovada, se calcula la demanda total, se multiplica por el número de horas en funcionamiento de cada departamento y se totaliza para obtener el consumo total del edificio.

Por último, se determina el valor de la demanda de las luminarias a ser instaladas, multiplicando este valor por el número de horas de funcionamiento, deduciendo la siguiente ecuación (elaboración propia):

$$AhorroI_m = CME \cdot (CAE - CEE) \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

$AhorroI_m$ : ahorro en iluminación mensual (moneda local).

CME: costo mensual de electricidad (moneda local/kWh).

CAE: consumo actual de electricidad (kWh).

CEE: consumo estimado de electricidad (kWh).

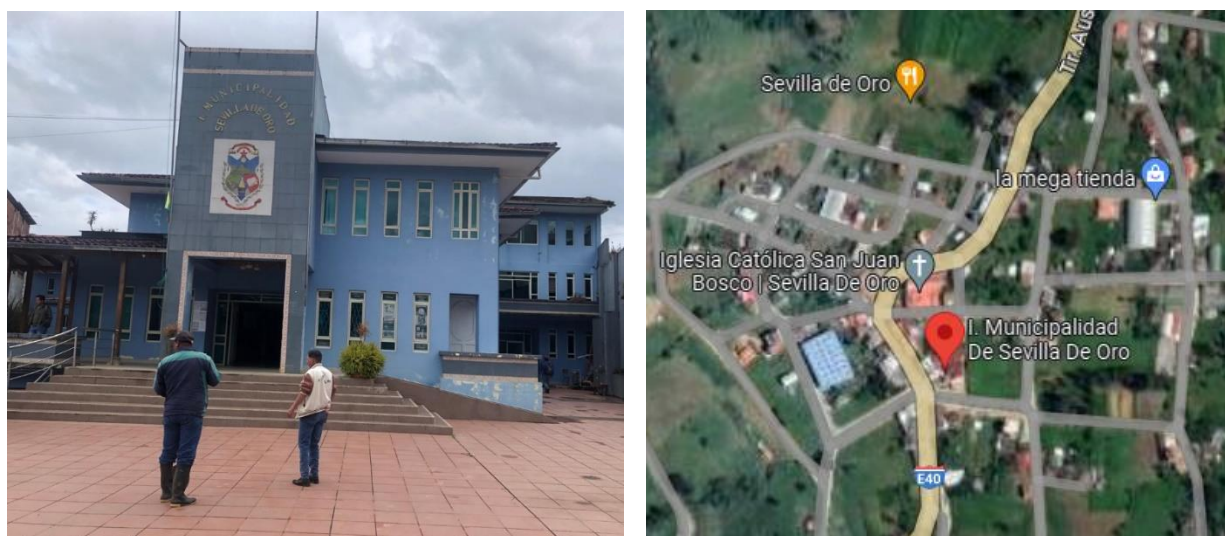
## CAPÍTULO IV

### 4 Análisis de los resultados obtenidos

#### 4.1 Estado actual de la edificación.

##### 4.1.1 La entidad pública

Para esta investigación se tomó como caso de estudio el Edificio de la municipalidad de Sevilla de Oro. Ubicado estratégicamente, en el Cantón Sevilla de Oro, Ecuador, con sus tres parroquias y 24 comunidades, se consolida como un nodo esencial en la comunicación interoceánica. Destacando en la cuenca media del Río Paute por su modelo de gestión transparente y participativa. Reconocido como un modelo de seguridad alimentaria, se dedica a redes de producción agropecuaria, incluyendo cultivos como el tomate de árbol, y a la ganadería de carne y leche con un enfoque en el valor agregado. Su destacado manejo ambiental sustentable y la efectiva estabilización de taludes lo consolidan como un referente. Funcionando como puerta de entrada, se erige como el centro de desarrollo eco turístico hacia la región amazónica austral del país. En la figura 7, se muestra el frontis de la edificación y su ubicación geográfica.



**Figura 6:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De Sevilla De Oro (izquierda), Av. Azuay S/N y Av. 10 de agosto - Sevilla De Oro, Ecuador (derecha).



#### 4.1.2 Áreas de trabajo del edificio Municipalidad Sevilla De Oro

El edificio del Gobierno Autónomo Descentralizado, Municipalidad de Sevilla de Oro, exhibe una configuración arquitectónica de tres niveles, compuestos por una planta baja y dos plantas superiores. Cada nivel del edificio alberga diversas áreas de trabajo, y con el propósito de llevar a cabo un análisis preliminar de la iluminación, se han realizado mediciones en cada una de estas secciones. Estas mediciones no solo abarcan la luminosidad presente, sino también las dimensiones espaciales de los entornos sujetos a evaluación. También busca proporcionar una base cuantitativa que sirva como punto de partida para futuras consideraciones y mejoras en la calidad de la iluminación en las instalaciones.

A continuación, se presenta una descripción precisa de las dimensiones y áreas de trabajo correspondientes a cada nivel del inmueble. Este análisis proporciona un enfoque sistemático para comprender las características físicas y funcionales de los distintos niveles, contribuyendo a una apreciación más profunda de la disposición y uso de los espacios en el edificio.

Nombre de área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Contabilidad	2,717	3,397	9,230
Dirección financiera	2,778	3,394	9,429
Auxiliar de contabilidad	2,722	2,212	6,021
Asistente financiero	1,741	3,443	5,994
Compras públicas	3,184	2,969	9,453
Bodega general	2,849	3,367	9,593
Recaudación	2,261	1,376	3,111
Rentas	2,272	1,552	5,573
Tesorería	1,614	4,096	6,611

**Tabla 16:** Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Sala de consejo	4,270	2,766	11,811
Sala de sesiones	7,768	7,973	61,934
Secretaría obras públicas	4,098	4,399	18,027
Dirección de planificación	3,027	2,679	8,109
Departamento de sistemas	3,297	2,320	7,649
Jefatura de proyectos	3,027	2,679	8,109
Fiscalización	2,840	2,581	7,330
Avalúos y catastros	3,027	3,007	9,102
Secretaría general	3,140	5,690	17,867
Alcaldía	3,489	6,315	22,033
Jurídico	2,327	3,027	7,044
Talento humano	3,290	4,322	14,219
Dirección de obras publicas	4,001	3,306	13,227

**Tabla 17:** Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Junta cantonal	4,800	3,793	18,206
Topografía	4,083	3,098	12,649
Consejo de protección de derechos	4,260	4,041	17,215
Unidad de gestión ambiental	3,089	2,908	8,983
Departamento de cultura, deporte y turismo	3,600	2,432	8,755
Sala de sesiones	3,093	3,732	11,543
Promoción y comunicación social	3,600	2,157	7,765
Comisaría	3,812	2,150	8,196

**Tabla 18:** Dimensiones y área de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

En la tabla 16, 17 y 18 se exponen minuciosamente las dimensiones, ancho, largo y área de los espacios de trabajo. La recopilación de datos concernientes a las dimensiones de la entidad pública es de gran relevancia para la realización de cálculos posteriores, específicamente en lo que respecta al índice del área. Este parámetro adquiere un carácter fundamental en el proceso de determinar la cantidad óptima de puntos y mallas requeridos en una región espacial predefinida.

#### 4.1.3 *Inventario de luminarias*

De acuerdo a los planos arquitectónicos del edificio en estudio, se determinó el número de luminarias, su distribución, la altura de suspensión y la potencia consumida, estos datos se obtuvieron después de realizar el levantamiento de información como se detalla en las siguientes tablas (19, 20 y 21):

Área	Potencia (W)	Cantidad de luminarias	Altura de luminaria (m)	Tipo de luminaria
Contabilidad	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Dirección financiera	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Auxiliar de contabilidad	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Asistente financiero	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Compras publicas	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Bodega general	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Recaudación	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Rentas	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Tesorería	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio

**Tabla 19:** Inventario planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Área	Potencia (W)	Cantidad de luminarias	Altura de luminaria (m)	Tipo de luminaria
Sala de consejo	50	2	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Sala de sesiones	50	4	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Secretaria obras publicas	50	4	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Dirección de planificación	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Departamento de sistemas	50	2	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Jefatura de proyectos	50	4	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Fiscalización	50	2	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Avalúos y catastros	50	2	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Secretaria general	50	3	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Alcaldía	50	4	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Jurídico	50	1	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Talento humano	50	2	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Dirección de obras publicas	50	3	3,480	3f lem 2 sport led 100 cr ampio

**Tabla 20:** Inventario primera planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Área	Potencia (W)	Cantidad de luminarias	Altura de luminaria (m)	Tipo de luminaria
Junta cantonal	50	6	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Topografía	50	3	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Consejo de protección de derechos	50	6	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Unidad de gestión ambiental	50	2	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Departamento de cultura, deporte y turismo	50	3	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Sala de sesiones	50	2	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Promoción y comunicación social	50	3	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio
Comisaria	50	4	3,500	3f lem 2 sport led 100 cr ampio

**Tabla 21:** Inventario segunda planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

En la tabla 19, 20 y 21, se puede observar que, la mayoría de las luminarias evaluadas en los diferentes niveles del inmueble tienen una capacidad de potencia de 50 W, como mínimo 1 luminaria por ambiente, los de menor área y un máximo de 6 luminarias para superficies mayores. El modelo de luminaria utilizado es el *3F LEM 2 SPORT LED 100 CR AMPIO*. La altura de la luminaria es de 3,48 metros para la planta baja y la primera planta alta, para la segunda planta alta, las luminarias están ubicadas a una altura de 3,5 metros.

## 4.2 Entrevista a empleados

En el proceso de realizar un análisis ergonómico de las instalaciones, se realizó una entrevista a los trabajadores de dicha entidad. Para esto, de una población de 409 trabajadores, se tomó una muestra de 100 personas, elegidas por conveniencia y pertenecientes a cada área de análisis en el caso de estudio, edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. Los resultados se exponen en la siguiente tabla.

La encuesta realizada a los empleados de la Municipalidad de Sevilla de Oro, está descrita en la tabla 7 del capítulo 3, de esta investigación. La encuesta consta de tres secciones, una que califica la iluminación en general, otra que propone una solución general y por último una que evalúa el confort visual en tres dimensiones, factores de la tarea, factores de estructura y factores del observador.

Secciones	Ítems			
Calificación de la iluminación	Muy molesta	Molesta	Algo molesta	Adecuada
Propuesta de cambio	Mas luz		Sin cambio	Menos luz
Confort visual	Factores del observador		a, h, j.	
	Factores de la tarea		e, f, g, i.	
	Factores de estructura		c, b, d, k.	

**Tabla 22:** Características de la encuesta realizada al personal del edificio, Municipalidad de Sevilla de Oro.

Para el confort visual se trabajó con una puntuación de 0 a 11, para la baremación de la puntuación se consideró un recálculo de la puntuación a dimensiones cualitativas, baja (0 a 3), media (4 a 8) y alta (9 a 11).

## 4.3 Análisis ergonómico de la iluminación

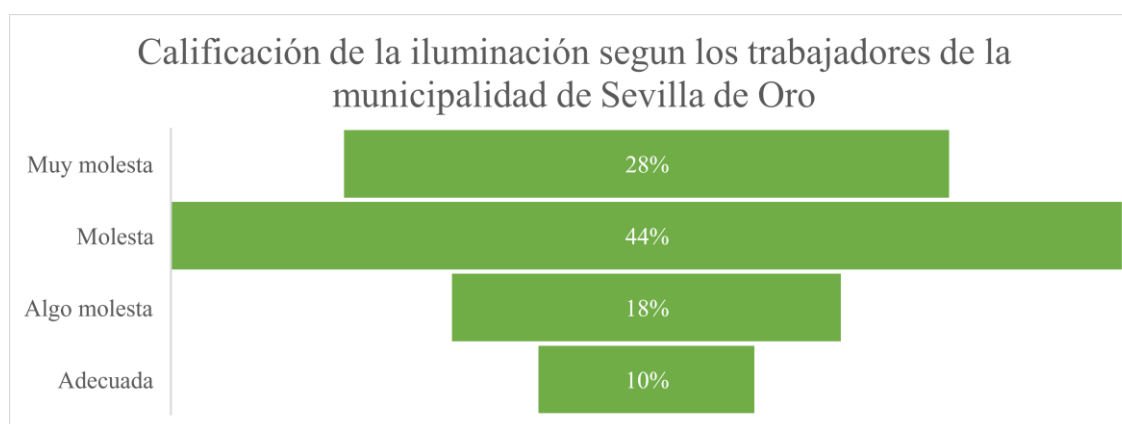
Para el análisis ergonómico de las instalaciones del edificio de la municipalidad de Sevilla de Oro, se trabajó con los resultados de la encuesta, la cual fue aplicada a 100 de los empleados de dicha entidad. Se trabajo con el software informático Excel, para procesar los datos y así obtener gráficos más explícitos de la situación ergonómica en este inmueble. Se tuvo en cuenta datos como

la calificación de la iluminación por parte de los trabajadores de la entidad, la opinión de una propuesta de cambio por los mismos y un análisis de confort visual evaluado por los mismos empleados de la municipalidad.

Calificación	fi	hi	%
Muy molesta	28	0,28	28,0
Molesta	44	0,44	44,0
Algo molesta	18	0,18	18,0
Adecuada	10	0,10	10,0
Total	100	1	100

**Tabla 23:** Tabla de frecuencias de calificación de la iluminación, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.

La tabla 23, muestra un resumen de los resultados de acuerdo a la clasificación por parte de los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro. Se puede destacar que, de un total de 100 encuestados, 44 empleados creen que la iluminación en las estaciones de trabajo es molesta, 28 opinan que la iluminación es muy molesta, 28 perciben la iluminación de una manera algo molesta y en el caso opuesto, solo 10 asalariados la califican como adecuada.



**Figura 7:** Calificación de la iluminación, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.

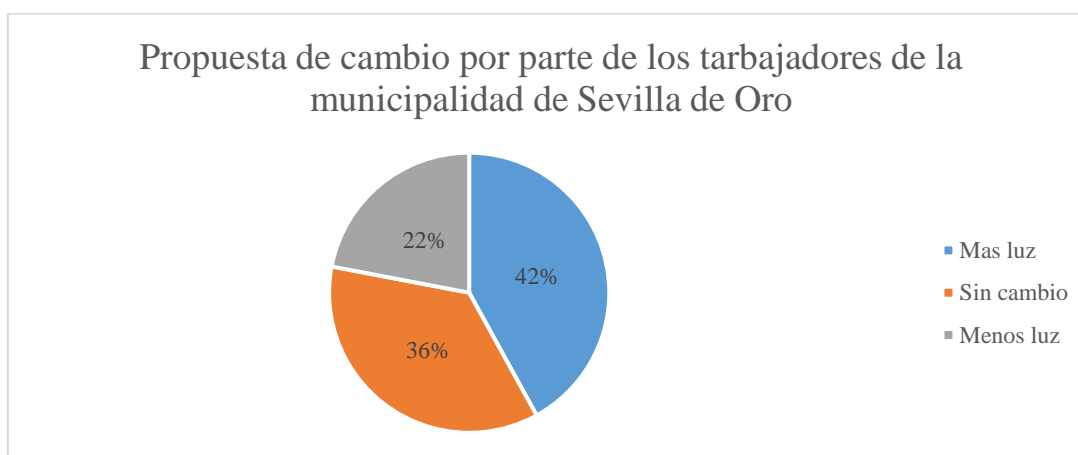
En la figura 8, se puede observar que, por parte de los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro, el 44 % de los empleados considera que la iluminación es muy molesta es sus

puestos de trabajo. Además, solo el 10 % de los asalariados cree que la iluminación es adecuada para desempeñar sus labores. Estos resultados de la encuesta influyen en la elaboración de una propuesta de cambio de luminaria, para una mejor aceptación por parte de los obreros de dicha entidad.

Propuesta	fi	hi	%
Más luz	42	0,42	42,0
Sin cambio	36	0,36	36,0
Menos luz	22	0,22	22,0
Total	100	1	100

**Tabla 24:** Resumen de resultados de propuestas de cambio, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.

En la tabla 24, se presenta un resumen de la opinión por parte de los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro. Se puede destacar que 64 empleados de dicha entidad proponen un cambio en las luminarias, el cual puede ser un aumento de los o disminución de la misma. Además, se observa que 36 personas que forman parte del grupo de trabajo de la municipalidad, creen que no hace falta hacer algún cambio en el sistema de iluminación.



**Figura 8:** Propuesta de cambio, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro

En la figura 9, se detalla las opiniones por parte de los empleados de la municipalidad Sevilla de Oro, se puede verificar que un 64 % (22 % menos luz y 42 % más luz), sugieren un

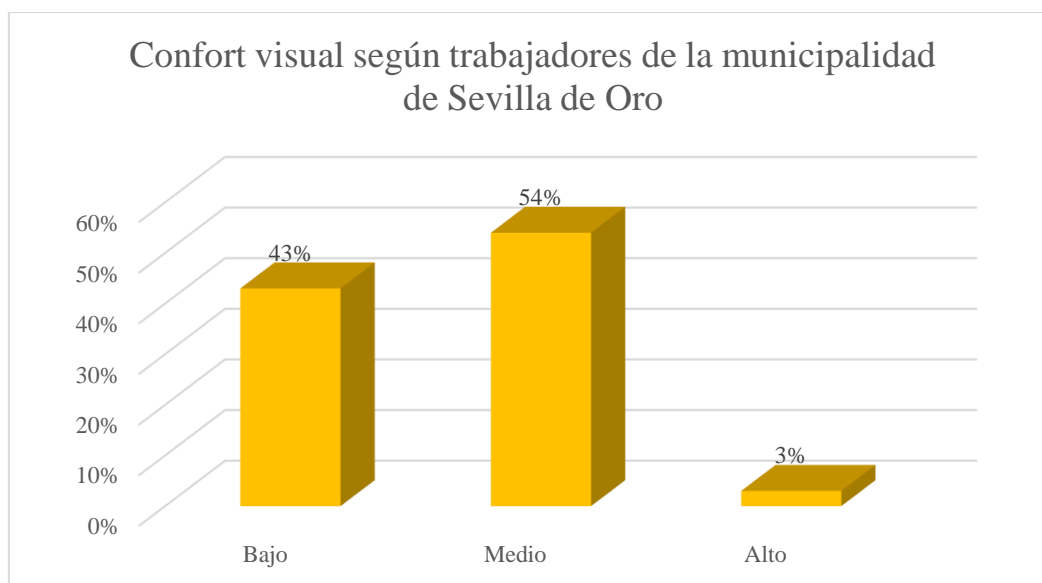


cambio en la iluminación de las instalaciones en sus puestos de trabajo, y solo un 36 % cree que no es necesario un cambio. Este resultado es compatible con el gráfico anterior los cuales sugieren un cambio del sistema de iluminación de la entidad.

Confort visual	fi	hi	%
Bajo	43	0,43	43,0
Medio	54	0,54	54,0
Alto	3	0,30	3,0
Total	100	1	100

**Tabla 25:** Resumen de resultados de confort visual, según la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro.

En la tabla 25, se detalla la respuesta enfocada en el confort visual de los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro. Se puede apreciar que 54 de un total de 100 empleados ubican este aspecto en un nivel medio, 43 de los encuestados lo califican como un nivel de confort visual bajo y solo 3 personas lo sitúan en un nivel alto. Gran parte de los asalariados creen que los factores como observadores, la tarea y estructura, presentan deficiencias.



**Figura 9:** Confort visual, tomada de la encuesta realizada a los trabajadores de la municipalidad de Sevilla de Oro

En la figura 10, se muestra un análisis de las respuestas de los empleados según los factores del observador, de la tarea y de la estructura. Según la baremación establecida anteriormente, se obtuvo como resultado que, un 54 % considera que el confort visual se ubica en nivel medio, con una tendencia muy marcada al nivel bajo (43 %), estos resultados se contrastarán con las mediciones de iluminación realizadas en este inmueble, con la finalidad de decidir la futura propuesta de un cambio en el sistema de iluminación.

#### 4.4 Revisión de norma de energía eléctrica

##### 4.4.1 NEC-SB-IE Norma Ecuatoriana de la Construcción: Instalaciones Eléctricas

La norma ecuatoriana NEC-SB-IE, en el capítulo 3, principios generales para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, apartado 3.2 y 3.3, establece una serie de pautas para el diseño de instalaciones eléctricas, como lo es el consumo de potencia de las instalaciones de flujo eléctrico en edificaciones. En el caso de luminarias se debe brindar una carga máxima de salida de 100 W, en el caso de tomacorrientes una carga de 200 W por punto. Por otra parte, para equipos especiales o tomas independientes para una actividad específica, se estima una potencia mayor a los 1500 W. Además, en la tabla 26, se puede apreciar el número de circuitos de iluminación necesarios para las diferentes áreas de construcción. En este caso de estudio se estimará el número de circuitos correspondientes a los diferentes niveles del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Tipo de vivienda	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	$A < 80$	1	1
Mediana	$80 < A < 200$	2	2
Mediana grande	$201 < A < 300$	3	3
Grande	$301 < A < 400$	4	4
Especial	$A > 400$	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>

**Tabla 26:** Clasificación de las viviendas según el área de construcción [29].

#### 4.4.2 *Número de circuitos de iluminación por nivel del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro*

Conforme a la información presentada en la tabla 26 de la normativa NEC-SB-IE, la determinación del número de circuitos de iluminación está intrínsecamente vinculada a la extensión del área de construcción. La precisión de este parámetro requiere de la realización de un cálculo exhaustivo del área total por nivel del edificio. Dicho cálculo implica la agregación de las áreas previamente calculadas correspondientes a cada espacio de trabajo individual, permitiendo así la estimación de una superficie global. A partir de este análisis cuantitativo, se procede a la determinación de la cantidad óptima de circuitos necesarios para satisfacer eficientemente las necesidades de iluminación de la estructura.

Nivel del edificio	Área total aproximada (m <sup>2</sup> )	Número de circuitos de iluminación
Planta baja	62,968	1
Primera planta alta	206,462	3
Segunda planta alta	93,312	2

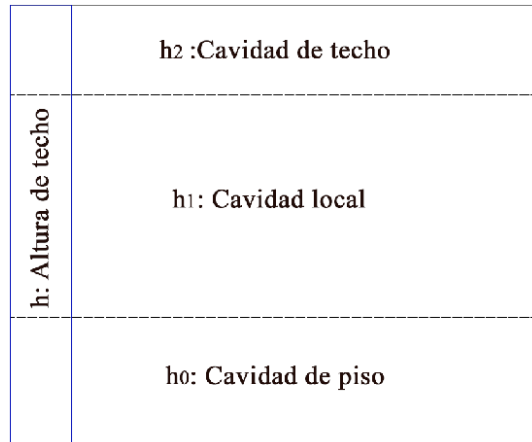
**Tabla 27:** Número de circuitos de iluminación por nivel del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

La tabla 27 proporciona un desglose del número de circuitos de iluminación requeridos para las áreas objeto de estudio. Es importante destacar que existen sectores en los distintos niveles del edificio donde no se implementarán modificaciones. Esta situación se verifica en las instalaciones del inmueble, específicamente cuando es factible realizar ajustes en las configuraciones eléctricas del tablero.

#### 4.5 **Altura de suspensión de luminarias**

En el cálculo de la altura de suspensión de las luminarias, se requiere considerar diversos parámetros inherentes al entorno luminotécnico. Estos parámetros incluyen la cavidad del techo, la altura del techo y la cavidad del piso. Dichas cavidades están delimitadas por los planos formados

por la luminaria y el plano de trabajo, delineando así la configuración completa de la cavidad del recinto.



**Figura 10:** Distribución de los planos de iluminación y trabajo, cavidad de techo, de piso y local.

En la figura 11, se muestra un esquema de la ubicación del plano de trabajo y el plano de la luminaria. Para el caso de estudio la altura de techo es de 4,5 m, la cavidad del piso es de 0,725, estos datos se reemplazan en la ecuación 4 y 5, correspondientes a la altura mínima y óptima.

Altura mínima:

$$h_1 = \frac{2}{3}(h - h_0)$$

$$h_1 = \frac{2}{3}(4,50 - 0,725)$$

$$h_1 = 2,517 \text{ m}$$

Altura óptima:

$$h_1 = \frac{4}{5}(h - h_0)$$

$$h_1 = \frac{4}{5}(4,50 - 0,725)$$

$$h_1 = 3,020 \text{ m}$$

A partir de obtención de la cavidad local mínima 2,517 m y la óptima 3,020 m, se le adiciona la medida de la cavidad de piso o plano de trabajo, la cual corresponde a 0,725 para obtener así, la altura mínima de las luminarias, un valor de 3,241 m y un valor óptimo de 3,745m, definiendo así la altura del plano de luminarias en este rango. Para La planta baja y la primera planta alta se estableció una altura de luminaria de 3,480 m y para la segunda planta alta una altura de 3,500 m, estas medidas se corroboran en la toma de mediciones de la estructura del caso.

#### 4.6 Norma para el cálculo de puntos de muestreo

##### 4.6.1 Norma NOM-025-STPS, (2008)

La norma mexicana NOM-025-STPS (2008) establece que, la selección de puntos de medición en un centro de trabajo debe adaptarse a las necesidades y peculiaridades de dicho lugar. En términos de iluminación, esta opción debe representar con precisión el área circundante. Es importante tener en cuenta varios factores, como el proceso de producción, la forma en que se categorizan las zonas y los puestos de trabajo, cómo se disponen las luminarias en relación con los planos de trabajo, cómo se calcula el índice de área de cada zona y dónde se ubican la maquinaria y los equipos [29].

Índice de área (IC)	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 < IC < 2$	9	12
$2 < IC < 3$	26	20
$3 < IC$	25	30

**Tabla 28:** Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición [29].

Las áreas de trabajo se dividen en zonas de tamaño uniforme de acuerdo con las normas de la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la tabla 28, como parte del procedimiento de evaluación. Debe utilizarse para la medición el punto en el que se encuentre el mayor número de empleados o el centro geométrico de cada una de estas zonas. El número de zonas de evaluación

debe modificarse como se indica en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación), cuando los puntos de medición se alineen con los puntos de enfoque de las luminarias. Si el punto focal de la luminaria está situado en el mismo centro geométrico que cada zona de evaluación, el número de zonas que se designaron inicialmente debe permanecer fijo [29].

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

IC: Índice de área

x, y: Dimensiones del área (m)

h: Altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

#### 4.7 Índice local y puntos de medición

Para el cálculo del mínimo número de puntos de medición, se hace uso de la ecuación 14, para esto se necesitan parámetros como el ancho, largo y altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, los cuales se detallaron en apartados anteriores. Con el uso de esta fórmula se tomará como ejemplo el espacio de trabajo del área de contabilidad de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro. Para el cálculo de la altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, se considera el plano de trabajo a una medida de 0,725 metros a nivel de suelo. El resto de los resultados se detallan en las tablas 29, 30 y 31.

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Para área de trabajo de contabilidad:

x = 2,717 m

y = 3,397 m

h = 2,755 m

$$IC = \frac{(2,717)(3,397)}{2,755(2,717 + 3,397)}$$

$$IC = 0,548$$

Como el IC, también denominado índice local, es 0,548 y es menor que 1, según la tabla 26 se necesitarían 4 zonas como mínimo para evaluar.

Nombre del área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	IC	Número mínimo de puntos.
Contabilidad	2,717	3,397	3,480	0,548	4
Dirección financiera	2,778	3,394	3,480	0,554	4
Auxiliar de contabilidad	2,722	2,212	3,480	0,443	4
Asistente financiero	1,741	3,443	3,480	0,420	4
Compras publicas	3,184	2,969	3,480	0,558	4
Bodega general	2,849	3,367	3,480	0,560	4
Recaudación	2,261	1,376	3,480	0,310	4
Rentas	2,272	1,552	3,480	0,335	4
Tesorería	1,614	4,096	3,480	0,420	4

**Tabla 29:** Número mínimo de puntos para cada área de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

Nombre del área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	IC	Número mínimo de puntos.
Sala de consejo	4,270	2,766	3,480	0,609	4
Sala de sesiones	7,768	7,973	3,480	1,428	9
Secretaría obras públicas	4,098	4,399	3,480	0,770	4
Dirección de planificación	3,027	2,679	3,480	0,516	4
Departamento de sistemas	3,297	2,320	3,480	0,494	4
Jefatura de proyectos	3,027	2,679	3,480	0,516	4
Fiscalización	2,840	2,581	3,480	0,491	4
Avalúos y catastros	3,027	3,007	3,480	0,548	4
Secretaría general	3,140	5,690	3,480	0,734	4
Alcaldía	3,489	6,315	3,480	0,816	4
Jurídico	2,327	3,027	3,480	0,478	4
Talento humano	3,290	4,322	3,480	0,678	4
Dirección de obras publicas	4,001	3,306	3,480	0,657	4

**Tabla 30:** Número mínimo de puntos para cada área de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

Nombre del área de trabajo	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	IC	Número mínimo de puntos.
Junta cantonal	4,800	3,793	3,500	0,764	4
Topografía	4,083	3,098	3,500	0,635	4
Consejo de protección de derechos	4,260	4,041	3,500	0,747	4
Unidad de gestión ambiental	3,089	2,908	3,500	0,540	4
Departamento de cultura, deporte y turismo	3,600	2,432	3,500	0,523	4
Sala de sesiones	3,093	3,732	3,500	0,609	4
Promoción y comunicación social	3,600	2,157	3,500	0,486	4
Comisaría	3,812	2,150	3,500	0,495	4

**Tabla 31:** Número mínimo de puntos para cada área de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

#### 4.7.1 Distribución de mallas

En el proceso de evaluación de la edificación que fue objeto de intervención, se llevaron a cabo mediciones en cada uno de los pisos para obtener una visión detallada de su estado actual. Estas mediciones incluyeron aspectos la distribución de los puntos a medir en la superficie total de cada planta, y sus valores de iluminación en luxes por medio de mallas. Estas mediciones detalladas proporcionarán una base para el diseño de un nuevo sistema de iluminación que optimice la visión de los colaboradores en los espacios de trabajo, asegurando un enfoque preciso y adaptado a las necesidades específicas de cada piso de la edificación, según el punto de medición (figura 12).

En la tabla 32 se detalla de qué manera se ha tomado las mediciones de luz por puntos de distribución en el espacio de trabajo, de la sala de consejos y la sala de sesiones de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de oro. Además, se observa que se han considerado 4 mallas y 11 puntos para la sala de consejo, y 1 malla de 13 puntos para la sala de sesiones, ambas distribuciones cumplen con la cantidad mínima de puntos de medición.



Mediciones Primera Planta				
Lugar	Mallas	Puntos	Valor (luxes)	Iluminación promedio (luxes)
Sala de Consejo	1	P1	465	330.67
		P2	298	
		P3	229	
	2	P4	288	245.67
		P5	257	
		P6	192	
	3	P7	270	170.53
		P8	170	
		P9	71.6	
	4	P10	165.3	132.3
		P11	99.3	
Sala de sesiones	1	P1	291	209.62
		P2	250	
		P3	223	
		P4	194	
		P5	164	
		P6	160	
		P7	141.4	
		P8	146	
		P9	154.6	
		P10	191.2	
		P11	228	
		P12	255	
		P13	326.8	

**Tabla 32:** Mediciones de sala de consejo y sesiones de la primera planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.



**Figura 11:** Mallas por área de trabajo con sus puntos de medición de sala de consejo y sala de sesiones de la primera planta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

## 4.8 Descripción del equipo utilizado

### 4.8.1 LUX/FC Light Meter TM-204

Es un luxómetro que se encarga de cuantificar la radiación lumínica emanada por luminarias visibles que incorporan tecnologías tales como fluorescentes, halogenuros metálicos, sodio de alta presión e incandescentes. Las aplicaciones abarcan entornos como almacenes, fábricas, edificios de oficinas, restaurantes, instituciones educativas, bibliotecas, instalaciones hospitalarias, campos de fotografía y video, aparcamientos, museos, galerías de arte, estadios y sistemas de seguridad edificatoria. Este dispositivo, al evaluar la intensidad luminosa en una amplia variedad de contextos, se convierte en una herramienta indispensable para la comprensión y gestión eficaz de la iluminación en entornos diversos y especializados.



**Figura 12:** LUX/FC Light Meter TM-204

Dimensiones	130x55x38mm (largo x ancho x alto).	
Sensor	80x55x25(largo x ancho x alto).	
Peso	Aproximadamente 250 gramos.	
Pantalla	Pantalla LCD grande de 2000 dígitos	
Sensor	Fotodiodo de silicio y filtro	
Rango de medición	20,200,2000, 20000,200000 Lux 20,200,2000,20000 candela pie	
Precisión	±3% (calibrado según el estándar de lámpara incandescente 2856 ° K) 8% otra fuente de luz visible	
Desviación angular de las características del coseno	10	±0,5 %
	30	±2 %
	50	±3 %
	60	±6 %
	80	±25 %

**Tabla 33:** Especificaciones de LUX/FC Light Meter TM-204.

#### 4.8.2 MAVO-SPOT 2

El MAVO-SPOT 2 se presenta como un luminancímetro altamente preciso, caracterizado por un ángulo de visión de 15° y un ángulo de medida sumamente reducido, limitado a 1°, lo cual se visualiza a través de un círculo en el visor. Su sensor incorpora una corrección de color, lo que implica que su sensibilidad espectral se ajusta para coincidir con la sensibilidad del ojo humano en condiciones de luz diurna. Este instrumento cuenta con una memoria que puede almacenar hasta 1000 posiciones, las cuales pueden ser accedidas mediante el teclado y display integrados o transferidas a través del puerto USB. Además, se ofrece la posibilidad de utilizar el software GLUX 2, el cual puede ser descargado de manera gratuita desde la página web correspondiente. Este conjunto de características y funcionalidades posiciona al MAVO-SPOT 2 como una herramienta versátil y avanzada en la medición de luminancia.



**Figura 13:** MAVO-SPOT 2

Dimensiones	190 x 90 x 57 mm (largo x ancho x alto).
Tipo	Clase B según DIN 5032
Peso	Aproximadamente 400 gramos.
Pantalla	Display visualizador con LCD iluminado. Indicación de 4 dígitos
Sensor	Fotodiodo de silicio y filtro según DIN 5032
Rango de medición	0.01 cd/m <sup>2</sup> a 99,990 cd/m <sup>2</sup> , 0.01 fL a 30,000 fL. Selección automática de alcance.
Distancia de medida	De 1 metro a infinito. Con lentes de acercamiento hasta 31cm y medida de contacto con adaptador
Memoria valores medidos	Hasta 1000 valores individuales o 10 grupos de 100 valores individuales cada uno.
Alimentación	Dos baterías 1.5 V tipo IEC LR6. Duración baterías: 5000 medidas.
Condiciones ambientales	Según EN 61010-1:2001, punto 1.4.1: condiciones ambientales normales Uso en interior Altitud: hasta 2000 m Temperatura de trabajo de 5 a 40°C Máxima humedad relativa: 80% para temperaturas hasta 31°C, descendiendo linealmente hasta 50% a 40°C

**Tabla 34:** Especificaciones de MAVO-SPOT 2

#### 4.9 Factor de utilización

Se establece el factor de utilización como la relación entre el flujo luminoso efectivamente incidente en la superficie a iluminar o plano útil y el flujo luminoso total emitido por las lámparas contenidas en las luminarias. Este factor crucial se encuentra determinado por varios factores, entre ellos, el tipo de lámpara empleado, el rendimiento intrínseco de las luminarias, la distribución de la intensidad lumínica, la disposición espacial de las luminarias a lo largo de la instalación y las características dimensionales del área a iluminar.

$$F_u = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_{\text{lámpara}}} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

$F_u$ : Factor de utilización

$\Phi_{\text{útil}}$ : Flujo útil sobre la superficie a iluminar (lm)

$\Phi_{\text{lámpara}}$ : Flujo de la lámpara.

La ecuación 15, presentada en el contexto, representa la relación matemática precisa para calcular el factor de utilización, estableciendo un valor mínimo que debe ser alcanzado por dicha relación. Sin embargo, se utilizarán los valores de factor de utilización descritos en la tabla 14, para esto es necesario tener en cuenta el factor de reflexión del techo y el factor de reflexión de las paredes, las cuales son las siguientes:

Incidencia	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,7
Paredes	Claro	0,5

**Tabla 35:** Valores del coeficiente de reflexión en techo y paredes del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

Con los valores de reflexión de las paredes de 0,5 y el valor de reflexión del techo de 0,7, se hace uso del parámetro factor de utilización, descrita en la tabla 14, para esto se utiliza el índice local calculado con anterioridad. Para un índice local o índice de área 1, el factor de utilización es igual a 0,28, y para un valor de índice local de 1,5, es de 0,39. La lista de los factores de utilización se plasman en la tabla 38, 39 y 40, junto al valor del factor de mantenimiento.

#### 4.10 Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento ( $F_m$ ) se basa en la evaluación integral de diversos elementos que inciden en la disminución del flujo luminoso de las luminarias. Este análisis contempla factores primordiales como el ensuciamiento y envejecimiento de las lámparas y luminarias, junto con otros aspectos significativos como la depreciación de la instalación, la reducción del rendimiento y eficiencia, el acortamiento de la vida útil de los balastos, la influencia de la temperatura y, de manera inherente, las prácticas de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la instalación, incluyendo la frecuencia de limpieza de las luminarias, entre otros.

Características de las luminarias	Grado de polución del ambiente	Factor de mantenimiento ( $F_m$ )
Cerrada	Reducida	0,9

**Tabla 36:** Factor de mantenimiento de las áreas de trabajo del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

En la tabla 36 se define el factor de mantenimiento según las características de la instalación, tal es el tipo de lugar en el que se encuentra, en este caso las instalaciones son cerradas, por ser trabajos del rubro administrativo el grado de polución es reducido. En la tabla 38, 39 y 40, se detalla la lista de factores de utilización y mantenimiento.

#### 4.11 Revisión de norma de iluminación

##### 4.11.1 Norma INTE/ISO 8995-1:2016

La norma INTE/ISO 8995-1:2016, que regula la iluminación en entornos laborales, se enfoca específicamente en interiores. En el capítulo 5 de esta norma, se presenta una serie de requisitos iluminativos fundamentales. Estas directrices, recomendadas para una amplia variedad de espacios y actividades, abarcan parámetros esenciales como la luminancia mantenida ( $E_m$ ), medida en luxes, la capacidad unificada límite del deslumbramiento (CUDL) y el índice mínimo del rendimiento de color ( $R_a$ ). La norma establece de manera estandarizada los valores correspondientes a estos parámetros, los cuales se detallan en la tabla 37 que acompaña a la norma.

Oficinas	$E_m(\text{lux})$	$CUD_L$	$R_a$
Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	80
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	16	80
Estación de trabajo CAD	500	19	80
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
Buró de recepción	300	22	80
Archivos	200	25	80

**Tabla 37:** Iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la calidad de color en oficinas, según norma INTE/ISO 8995-1:2016.

#### 4.12 Determinación del flujo luminoso

Este procedimiento se emplea con el propósito de calcular la cantidad necesaria de luminarias para generar una iluminación media en los distintos puntos ubicados dentro de un área específica. Posibilita la evaluación de la iluminancia global requerida en la zona de interés. Este método descrito por la ecuación 11 de esta investigación, garantiza que cada punto dentro del área designada reciba una iluminación adecuada de acuerdo con los estándares establecidos.

Nombre del área de trabajo	Superficie ( $\text{m}^2$ )	Luminancia requerida (lx)	$F_u$	$F_m$	Flujo luminoso (lm)
Contabilidad	9,230	500	0,28	0,9	18312,80
Dirección financiera	9,429	500	0,28	0,9	18707,40
Auxiliar de contabilidad	6,021	500	0,28	0,9	11946,56
Asistente financiero	5,994	500	0,28	0,9	11893,38
Compras publicas	9,453	500	0,28	0,9	18756,54
Bodega general	9,593	300	0,28	0,9	11419,74
Recaudación	3,111	300	0,28	0,9	3703,73
Rentas	3,526	300	0,28	0,9	4197,79
Tesorería	6,611	500	0,28	0,9	13116,95

**Tabla 38:** Flujo luminoso requerido en la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

Nombre del área de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Luminancia requerida (lx)	Fu	Fm	Flujo luminoso (lm)
Sala de consejo	11,811	500	0,28	0,9	23434,17
Sala de sesiones	61,934	500	0,39	0,9	88225,45
Secretaría obras públicas	18,027	300	0,28	0,9	21460,84
Dirección de planificación	8,109	500	0,28	0,9	16089,95
Departamento de sistemas	7,649	500	0,28	0,9	15176,67
Jefatura de proyectos	8,109	750	0,28	0,9	24134,92
Fiscalización	7,330	500	0,28	0,9	14543,73
Avalúos y catastros	9,102	300	0,28	0,9	10835,94
Secretaría general	17,867	500	0,28	0,9	35449,60
Alcaldía	22,033	500	0,28	0,9	43716,34
Jurídico	7,044	500	0,28	0,9	13975,85
Talento humano	14,219	300	0,28	0,9	16927,83
Dirección de obras publicas	13,227	750	0,28	0,9	39366,98

**Tabla 39:** Flujo luminoso requerido en la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

Nombre del área de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Luminancia requerida (lx)	Fu	Fm	Flujo luminoso (lm)
Junta cantonal	18,206	500	0,28	0,9	36123,81
Topografía	12,649	500	0,28	0,9	25097,49
Consejo de protección de derechos	17,215	300	0,28	0,9	20493,64
Unidad de gestión ambiental	8,983	300	0,28	0,9	10693,82
Departamento de cultura, deporte y turismo	8,755	300	0,28	0,9	10422,86
Sala de sesiones	11,543	500	0,28	0,9	22902,93
Promoción y comunicación social	7,765	300	0,28	0,9	9244,29
Comisaria	8,196	300	0,28	0,9	9756,90

**Tabla 40:** Flujo luminoso requerido en la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro



### 4.13 Determinación de la iluminación del edificio

Para la definir la iluminación en cada área de trabajo se empleó los instrumentos de medición que se detallan en el apartado 4.8 de esta investigación, los cuales son el luxómetro TM-204 y el luminancímetro MAVO-SPOT 2. Además, el método de toma de muestras se describe en el punto 4.7, el conjunto de tablas de medición completas por punto preciso, se exponen en el apartado de anexos. Los resultados de las mediciones promedio por planta se presentan en las tablas 41, 42 y 43.

#### 4.13.1 Mediciones de luz por planta

En cada sección del edificio en la que se han instalado luminarias, se establece un nivel específico de iluminación. Este nivel se define en función de diversos parámetros, tales como el tipo de luminaria utilizada, la altura de suspensión de la misma, la potencia lumínica, el flujo luminoso generado, y las características de reflectancia de las superficies circundantes, incluyendo paredes, piso y techo. Además, se tiene en cuenta la cantidad total de luminarias instaladas en la zona y su disposición espacial. Esta meticulosa consideración de factores múltiples garantiza una adecuada distribución y calidad de la iluminación en cada área del edificio, asegurando condiciones visuales óptimas para las actividades específicas que se desarrollan en dichos espacios.

Nombre de área de trabajo	Luminarias	Mallas	Puntos	Medición promedio (Lux)
Contabilidad	1	1	5	166,34
Dirección financiera	1	1	3	297,33
Auxiliar de contabilidad	1	1	3	150,40
Asistente financiero	1	1	3	268,66
Compras públicas	1	1	3	221,33
Bodega general	1	1	2	261,00
Recaudación	1	1	3	97,26
Rentas	1	1	3	230,33
Tesorería	1	2	6	102,36

**Tabla 41:** Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Luminarias	Mallas	Puntos	Medición promedio (Lux)
Sala de consejo	2	4	11	219,79
Sala de sesiones	4	1	13	209,61
Secretaría obras públicas	4	1	3	281,33
Dirección de planificación	1	1	3	241,00
Departamento de sistemas	2	3	13	184,00
Jefatura de proyectos	4	4	12	154,45
Fiscalización	2	1	3	766,66
Avalúos y catastros	2	1	4	115,50
Secretaría general	3	2	6	215,65
Alcaldía	4	2	7	295,66
Jurídico	1	1	4	790,50
Talento humano	2	2	6	358,66
Dirección de obras publicas	3	1	3	321,00

**Tabla 42:** Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Luminarias	Mallas	Puntos	Medición promedio (Lux)
Junta cantonal	6	3	12	127,30
Topografía	3	3	9	170,33
Consejo de protección de derechos	6	4	14	124,56
Unidad de gestión ambiental	2	2	6	439,00
Departamento de cultura, deporte y turismo	3	1	3	523,66
Sala de sesiones	2	1	12	198,45
Promoción y comunicación social	3	1	2	202,00
Comisaria	4	1	4	420,00

**Tabla 43:** Iluminación promedio de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

#### 4.14 Consumo de Energía

Para el cálculo del consumo de energía se utilizó los datos de las potencias de las luminarias instaladas en cada área del edificio Municipalidad Sevilla de Oro. Una vez verificado la potencia de cada luminaria y la cantidad, multiplicamos estos valores para obtener así la potencia total consumida por área y por planta a evaluar. Estos parámetros son mostrados en las tablas 44, 45 y 46.

Nombre de área de trabajo	Tipo de Luminaria	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)
Contabilidad	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Dirección financiera	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Auxiliar de contabilidad	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Asistente financiero	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Compras públicas	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Bodega general	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Recaudación	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Rentas	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Tesorería	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Total			9	450,00

**Tabla 44:** Potencia total de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Tipo de Luminaria	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)
Sala de consejo	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Sala de sesiones	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	4	200,00
Secretaria obras publicas	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	4	200,00
Dirección de planificación	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Departamento de sistemas	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Jefatura de proyectos	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	4	200,00
Fiscalización	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Avalúos y catastros	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Secretaria general	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	3	150,00
Alcaldía	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	4	200,00
Jurídico	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	1	50,00
Talento humano	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Dirección de obras publicas	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	3	150,00
Total			34	1700,00

**Tabla 45:** Potencia total de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Tipo de Luminaria	Potencia (W)	Cantidad	Potencia total (W)
Junta cantonal	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	6	300,00
Topografía	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	3	150,00
Consejo de protección de derechos	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	6	300,00
Unidad de gestión ambiental	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Departamento de cultura, deporte y turismo	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	3	150,00
Sala de sesiones	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	2	100,00
Promoción y comunicación social	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	3	150,00
Comisaria	3f lem 2 sport led 100 cr ampio	50	4	200,00
Total			9	1450,00

**Tabla 46:** Potencia total de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

#### 4.15 Cálculo de la eficiencia energética

La eficiencia energética actual del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro, es fundamental en el análisis de incremento de eficiencia o reducción de la misma. El cálculo de este parámetro está descrito por la ecuación 12, para esto se hace útil el valor de la potencia instalada, la superficie a iluminar y la iluminación promedio horizontal del área de trabajo. El valor de esta descrito en las tablas 47, 48 y 49, realizado a cada planta del edificio.

Nombre de área de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Potencia total (W)	Flujo luminoso (lux)	VEEI (W/m <sup>2</sup> )
Contabilidad	9,230	50	166,34	3,2568
Dirección financiera	9,429	50	297,33	1,7836
Auxiliar de contabilidad	6,021	50	150,40	5,5214
Asistente financiero	5,994	50	268,66	3,1048
Compras públicas	9,453	50	221,33	2,3897
Bodega general	9,593	50	261,00	1,9971
Recaudación	3,111	50	97,26	16,5241
Rentas	3,526	50	230,33	6,1563
Tesorería	6,611	50	102,36	7,3888

**Tabla 47:** VEEI de los espacios de trabajo de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Potencia total (W)	Flujo luminoso (lux)	VEEI (W/m <sup>2</sup> )
Sala de consejo	11,811	100,00	219,79	3,8522
Sala de sesiones	61,934	200,00	209,61	1,5406
Secretaria obras publicas	18,027	200,00	281,33	3,9436
Dirección de planificación	8,109	50,00	241,00	2,5584
Departamento de sistemas	7,649	100,00	184,00	7,1052
Jefatura de proyectos	8,109	200,00	154,45	15,9682
Fiscalización	7,330	100,00	766,66	1,7795
Avalúos y catastros	9,102	100,00	115,50	9,5120
Secretaria general	17,867	150,00	215,65	3,8931
Alcaldía	22,033	200,00	295,66	3,0702
Jurídico	7,044	50,00	790,50	0,8980
Talento humano	14,219	100,00	358,66	1,9608
Dirección de obras publicas	13,227	150,00	321,00	3,5328

**Tabla 48:** VEEI de los espacios de trabajo de la primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Nombre de área de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )	Potencia total (W)	Flujo luminoso (lux)	VEEI (W/m <sup>2</sup> )
Junta cantonal	18,206	300,00	127,30	12,9440
Topografía	12,649	150,00	170,33	6,9621
Consejo de protección de derechos	17,215	300,00	124,56	13,9909
Unidad de gestión ambiental	8,983	100,00	439,00	2,5358
Departamento de cultura, deporte y turismo	8,755	150,00	523,66	3,2717
Sala de sesiones	11,543	100,00	198,45	4,3654
Promoción y comunicación social	7,765	150,00	202,00	9,5628
Comisaria	8,196	200,00	420,00	5,8102

**Tabla 49:** Potencia total de los espacios de trabajo de la segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

#### **4.16 Propuesta de cambio de luminarias LED y mejoramiento de los niveles de iluminación en el Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro**

La elección de un tipo específico de luminaria, como las luminarias LED, se basa en varios factores que pueden variar según las necesidades específicas del lugar y los objetivos del proyecto. Como lo son: eficiencia energética, calidad de luz, flexibilidad de diseño y emisión de luz.

Existe una variedad de luminarias para la implementación de proyectos, así como proveedores que ofrecen un catálogo con diversas clases de luminarias que se pueden ajustar a los requerimientos de la instalación.

##### **4.16.1 Luminaria actual**

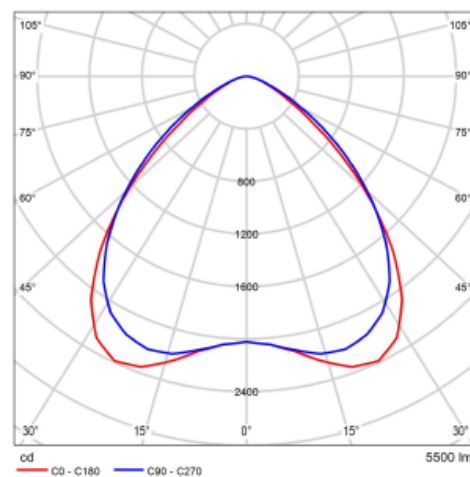
En el caso de la potencia de las luminarias instaladas, se ubica dentro del marco establecido en la Norma NEC-SB-IE (Norma Ecuatoriana de la Construcción, Instalaciones Eléctricas). La cual detalla una carga máxima de 100 W por punto de iluminación. Sin embargo, la iluminación

promedio no es suficiente según la norma INTE ISO 8995-1:2016. En la figura se muestran las características de dicha luminaria.

### 3F Filippi S.p.A. - 3F LEM 2 SPORT LED 100 CR AMPIO



Article No.	59080
P	50.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	5500 lm
Luminous efficacy	110.0 lm/W
CCT	6500 K
CRI	82

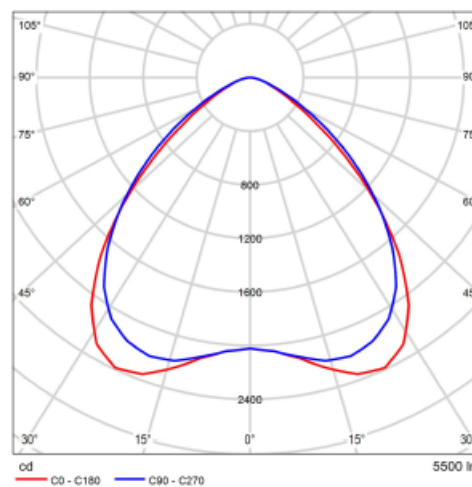


Polar LDC

### 3F Filippi S.p.A. - 3F LEM 2 SPORT LED 100 CR AMPIO



Article No.	59080
P	50.0 W
$\Phi_{\text{Luminaire}}$	5500 lm
Luminous efficacy	110.0 lm/W
CCT	4000 K
CRI	82



Polar LDC

**Figura 14:** Características de luminarias instaladas en el diseño de iluminación del edificio Municipalidad Sevilla de Oro.



### 4.16.2 Luminarias propuestas

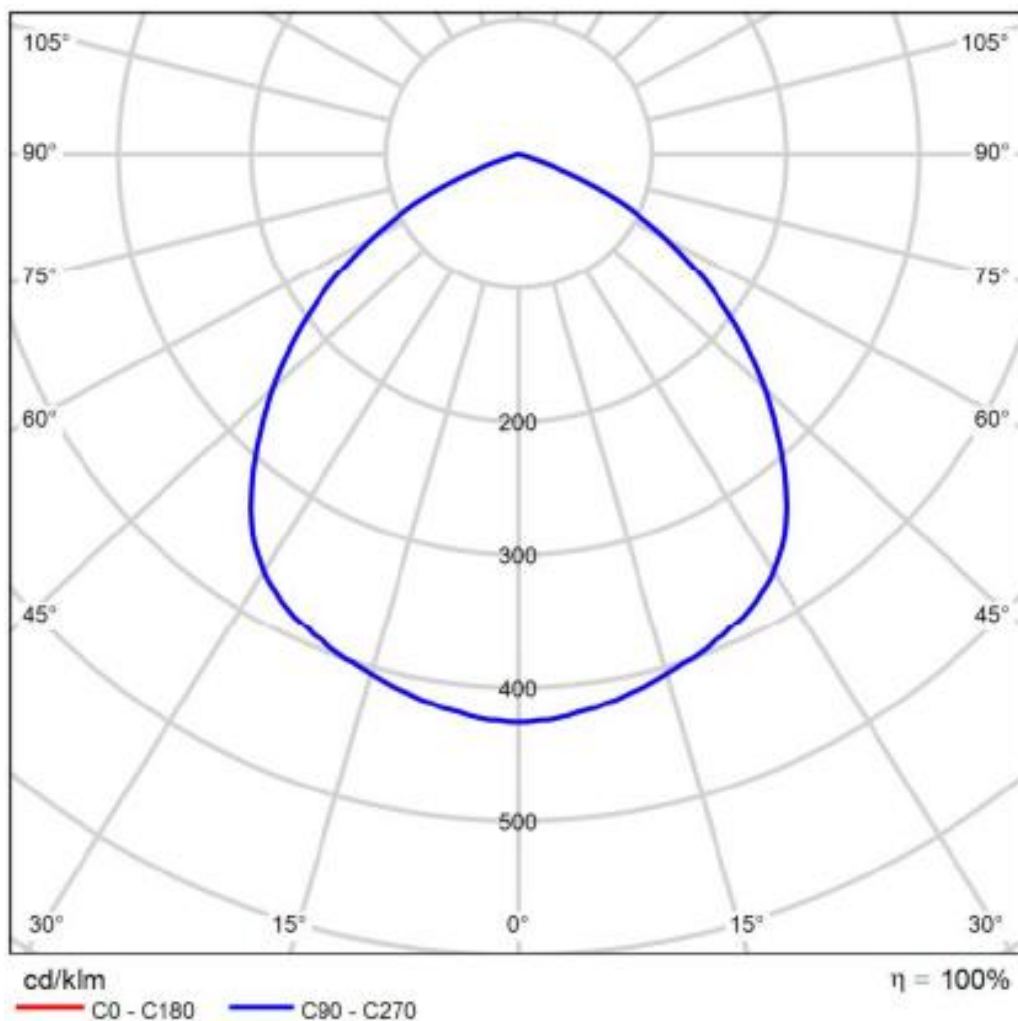
A continuación, se detallan las características de algunas luminarias propuestas para los diferentes niveles del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro

#### 4.16.2.1 Luminaria 1

Disano Illuminazione S.p.A es una marca bien conocida en la industria de iluminación. Sin embargo, las especificaciones exactas de las luminarias que ofrece la empresa pueden variar según el tipo de producto y la región. Ofrece una amplia gama de productos de iluminación, incluyendo bombillas LED, lámparas fluorescentes, lámparas incandescentes, luminarias y soluciones de iluminación para aplicaciones comerciales y residenciales [30].

Disano Illuminazione S.p.A	1290 Cilindro - luz directa/indirecta	Disano 1290 FLC 2*26 CELL grey9007	68.0 W	1285 lm	18.9 lm/W
Disano Illuminazione S.p.A	1533 Faro 2 LED - Tipo bajo	Disano 1533 Faro 2 LED CLD CTL corten	8.1 W	424 lm	52.3 lm/W
Disano Illuminazione S.p.A	1715 Cripto COB medium - extensiva	Disano 1715 LED 50W CLD CELL grafito	69.4 W	4000 lm	57.6 lm/W
Disano Illuminazione S.p.A	1715 Cripto COB medium - extensiva	Disano 1715 LED 50W CLD CELL grafito	59.4 W	6673 lm	112.3 lm/W
Disano Illuminazione S.p.A	1757 Lord - LED Bulb	Disano 1757 LED 20W CLD CELL blanco	20.0 W	622 lm	31.1 lm/W
Disano Illuminazione S.p.A	1930 Speed T5	Disano 1930 1x54 CELL-F blanco + 423 narrow beam reflector	58.0 W	3605 lm	62.2 lm/W

**Figura 15:** Lista de luminarias a usar de la marca Disano Illuminazione S.p.A.



## CDL polar

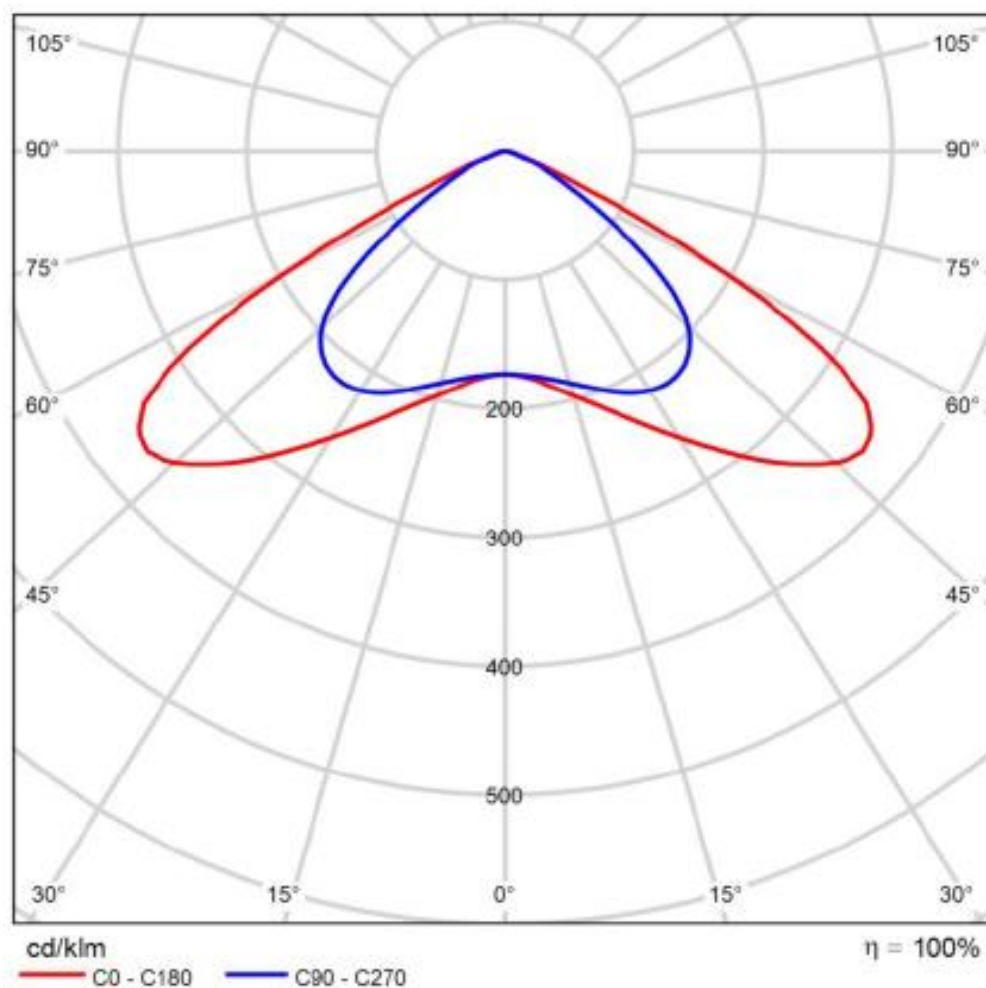
**Figura 16:** Curva fotométrica Disano 1715 LED 50W CLD CELL graffito.

### 4.16.2.2 Luminaria 2

Philips es una empresa líder en la industria de iluminación, y ofrece una amplia variedad de luminarias y soluciones de iluminación. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de luminarias que Philips podría ofrecer, aunque la disponibilidad específica puede variar según la región de uso [31].

Philips	4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm	158.3 lm/W
Philips	LL523X 1 xLED62S/930 NB	38.9 W	5891 lm	151.4 lm/W

**Figura 17:** Lista de luminarias a usar de la marca Philips.



### CDL polar

**Figura 18:** Curva fotométrica 4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB.

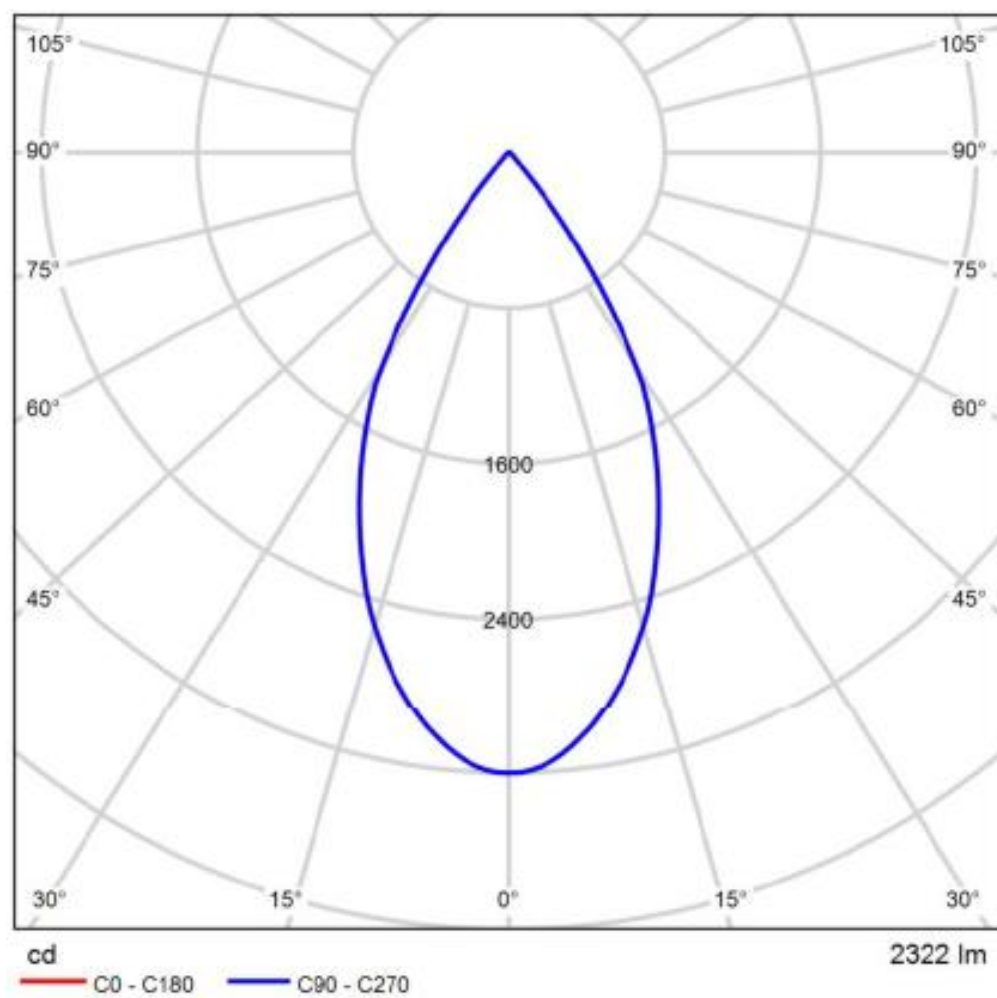
#### 4.16.2.3 Luminaria 3

SLV es una empresa especializada en soluciones de iluminación y tecnologías de automatización para edificios. Se centra en sistemas de control de iluminación y sensores de

movimiento, proporcionando soluciones innovadoras para aumentar la eficiencia energética y mejorar la comodidad en entornos de construcción [32].

SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm	81.8 lm/W
SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm	72.9 lm/W

**Figura 19:** Lista de luminarias a usar de la marca SLV.



CDL polar

**Figura 20:** Curva fotométrica NUMINOS MOVE DL L.

### 4.16.3 Luminarias a instalar

En el caso de la potencia de las luminarias propuestas, se ubica dentro del marco establecido en la Norma NEC-SB-IE (Norma Ecuatoriana de la Construcción, Instalaciones Eléctricas). La cual detalla una carga máxima de 100 W por punto de iluminación. La luminaria LED a instalar considera excelente reproducción de color y ahorro de energía, para aplicación en interiores, cuyas características principales son las siguientes:

Código	Potencia (w)	Flujo luminoso ( $\phi$ -lm)	Eficiencia luminosa (lm/W)	Temp. color (k)
3F LEM 2 SPORT LED 100 CR AMPIO	50,0	5500	110,0	6500
Disano 1290 FLC 2*26 CELL grey9007	68,0	1285	18,9	4000
Disano 1533 Faro 2 LED CLD CTL corten	8,1	424	52,3	4000
Disano 1715 LED 50W CLD CELL grafito	69,4	4000	57,6	3500
Disano 1715 LED 50W CLD CELL grafito	59,4	6673	112,3	4000
Disano 1757 LED 20W CLD CELL blanco	20,0	622	31,1	4000
Disano 1930 1x54 CELL-F blanco + 423 narrow beam reflector	58,0	3605	62,2	4000
Philips GreenSpace Downlight DN461B 1100lm/840 DALI Hvid 3D-printet	9,0	1099	122,1	4000
4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48,0	7600	158,3	3000
LL523X 1 xLED62S/930 NB	38,9	5891	151,4	3000
NUMINOS MOVE DL L	28,4	2322	81,8	2687
NUMINOS DL M	21,2	1545	72,9	3966

**Tabla 50:** Lista de luminarias a instalar en el edificio, Municipalidad de Sevilla de Oro.

Las principales ventajas de estas luminarias LED son su larga duración, bajo consumo de energía eléctrica, alta eficiencia en colores, su efectividad a bajas temperaturas. Gracias a todas estas ventajas, el esquema para el diseño de iluminación dispone de una gran variedad de colores y compactas dimensiones, logrando un ahorro económico en la utilización de esta tecnología, además de un sistema energético eficiente.

En la actualidad, el uso de tecnología LED en iluminación se convierte en tendencia, gracias a las ventajas que se dispone, logrando mejorar la iluminación no natural en entornos de trabajo y su calidad, con alta resistencia contra golpes, una duración significativamente extendida, que varía entre 50,000 y 100,000 horas, acompañada de una alta eficiencia, bajo consumo energético y un rendimiento excepcional incluso en temperaturas frías, son algunas de sus notables atribuciones.

#### **4.17 Simulación de propuesta en software DiaLux EVO**

Con la utilización de la herramienta Dialux, se procedió a realizar las simulaciones, teniendo como límites de niveles apropiados lo establecido en la norma INTE ISO 8995-1:2016; estos resultados mejoraron de manera significativa los niveles de iluminación por cada departamento.

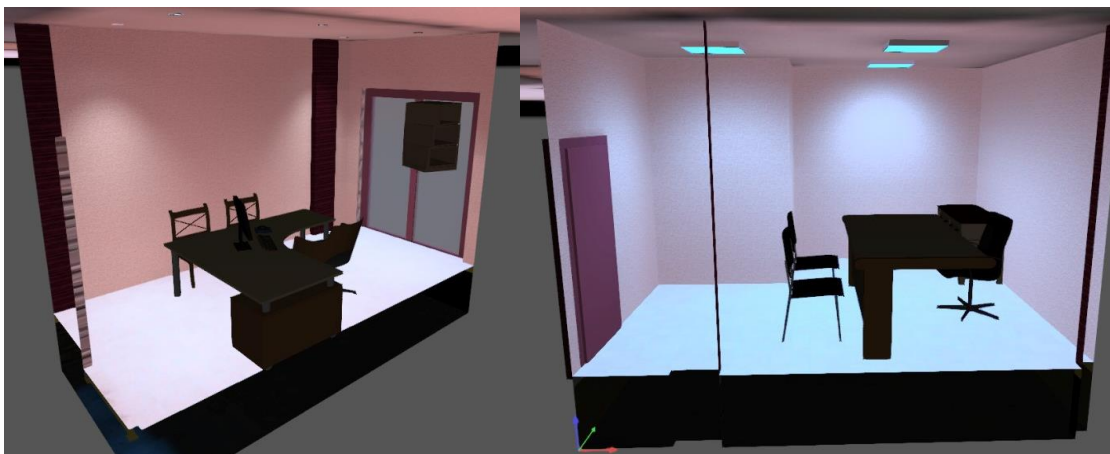
##### **4.17.1 Software Dialux Evo**

Dialux Evo es una aplicación informática disponible de forma gratuita, diseñada para llevar a cabo proyectos de iluminación tanto en interiores como en exteriores. Esta herramienta permite realizar evaluaciones de eficiencia energética de manera sencilla y, además, ofrece la flexibilidad de incorporar datos de luminarias de distintos fabricantes [34].



**Figura 21:** Entorno Dialux Evo

A través del software Dialux Evo se presentarán los datos obtenidos de las mediciones y el análisis de las luminarias planificadas para instalarse en el edificio objeto de estudio, incluyendo el consumo de energía mensual y anual por cada planta, con el objetivo de analizar el ahorro y eficiencia energética que se obtendrá con la instalación de las luminarias Led [34].



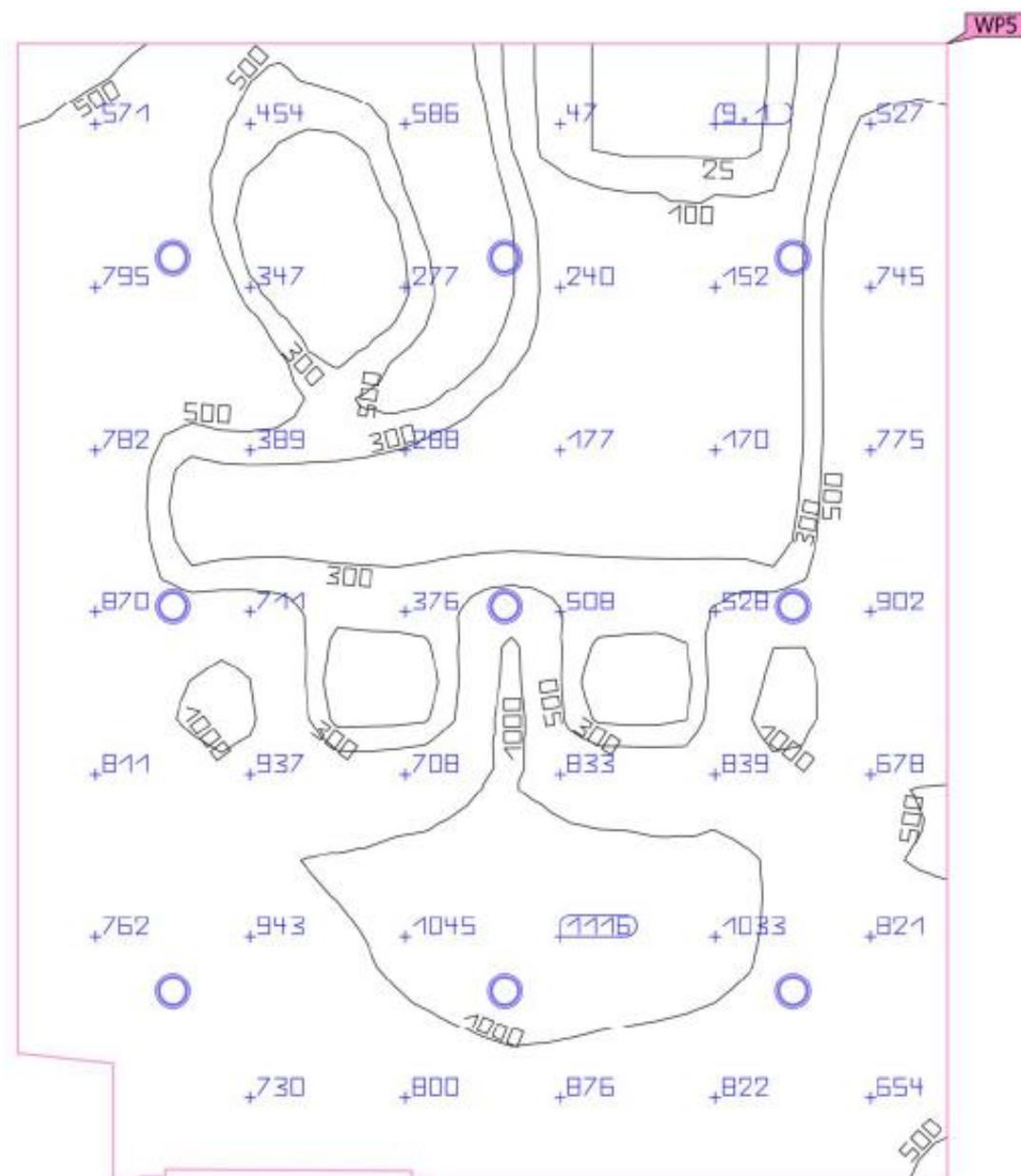
**Figura 22:** Simulación de áreas de trabajo con las luminarias actualmente instaladas.

Luego de realizar la simulación se puede observar una diferencia visual notable en la iluminación de los espacios de trabajo, para esto se muestra un antes y un después, de dos de las áreas simuladas en el programa Dialux Evo.



**Figura 23:** Simulación de áreas de trabajo después de aplicar las luminarias propuestas

Como se observa en la figura 23, en los espacios de trabajo con las luminarias actualmente en uso, no se puede apreciar con claridad los muebles implementados en esta área. Sin embargo, en la figura 24, se aprecia una notable diferencia en iluminación, en la cual se puede diferenciar la estructura de los muebles. También es posible observar una distribución de los niveles de luz en todo el entorno como se muestra en la figura 25.



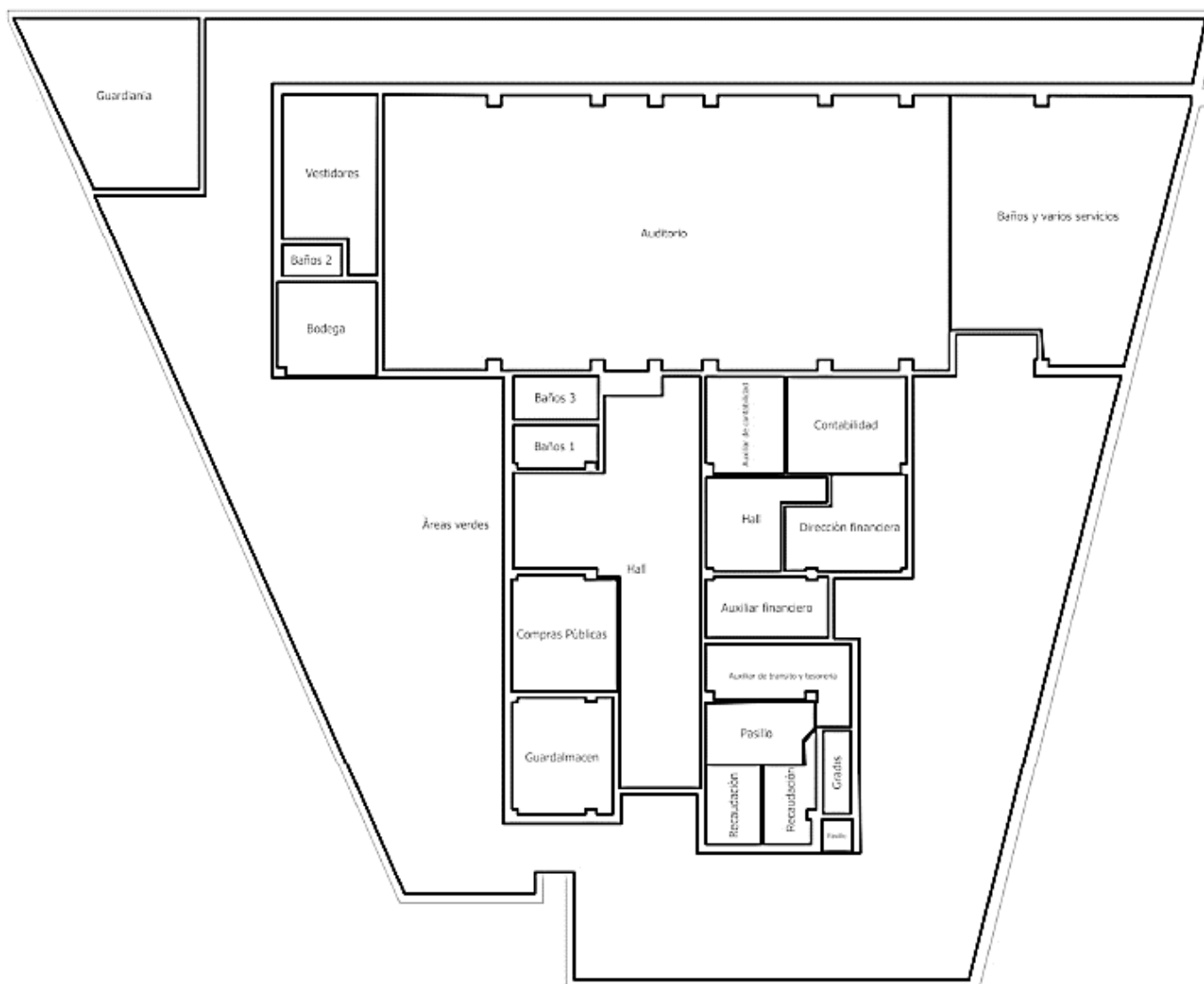
**Figura 24:** Niveles de iluminación simulado en DiaLux, del espacio de auxiliar de contabilidad de la planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro



#### 4.18 Resumen de los resultados de la simulación de iluminación por planta del Edificio Municipalidad Sevilla de Oro

A través del software Dialux, se procedió a realizar la simulación por planta del Edificio, obteniendo los siguientes resultados:

##### 4.18.1 Resultados planta baja de Edificio



**Figura 25:** Diagrama en Dialux planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.



**Figura 26:** Simulación en Dialux planta baja de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

### Contabilidad

$P_{total}$ 254.4 W	$A_{Local}$ 14.73 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 17.28 W/m <sup>2</sup> = 2.48 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\dot{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 698 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Dirección financiera

<b>P<sub>total</sub></b> 212.0 W	<b>A<sub>Local</sub></b> 13.00 m <sup>2</sup>	<b>Potencia específica de conexión</b> 16.30 W/m <sup>2</sup> = 3.01 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	<b>Ē<sub>perpendicular (Plano útil)</sub></b> 542 lx
-------------------------------------	--	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ <sub>Luminaria</sub>
10	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Auxiliar de contabilidad

<b>P<sub>total</sub></b> 190.8 W	<b>A<sub>Local</sub></b> 9.68 m <sup>2</sup>	<b>Potencia específica de conexión</b> 19.71 W/m <sup>2</sup> = 3.20 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	<b>Ē<sub>perpendicular (Plano útil)</sub></b> 616 lx
-------------------------------------	---	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ <sub>Luminaria</sub>
9	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Auxiliar financiero

<b>P<sub>total</sub></b> 190.8 W	<b>A<sub>Local</sub></b> 9.40 m <sup>2</sup>	<b>Potencia específica de conexión</b> 20.29 W/m <sup>2</sup> = 3.52 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	<b>Ē<sub>perpendicular (Plano útil)</sub></b> 576 lx
-------------------------------------	---	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ <sub>Luminaria</sub>
9	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Compras Públicas

<b>P<sub>total</sub></b> 155.6 W	<b>A<sub>Local</sub></b> 15.38 m <sup>2</sup>	<b>Potencia específica de conexión</b> 10.11 W/m <sup>2</sup> = 1.23 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	<b>Ē<sub>perpendicular (Plano útil)</sub></b> 820 lx
-------------------------------------	--	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ <sub>Luminaria</sub>
4	Philips		LL523X 1 xLED62S/930 NB	38.9 W	5891 lm

## Guardalmacen

$P_{total}$ 77.8 W	$A_{Local}$ 15.06 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 5.17 W/m <sup>2</sup> = 1.45 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 357 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		LL523X 1 xLED62S/930 NB	38.9 W	5891 lm

## Recaudación

$P_{total}$ 92.9 W	$A_{Local}$ 5.63 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 16.50 W/m <sup>2</sup> = 3.42 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 482 lx
-----------------------	------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	Lemvigh-Müller	7857046469	Philips GreenSpace Downlight DN461B 1100lm/840 DALI Hvid 3D-printet UGR<lt>19 Ø150	9.0 W	1099 lm
1	Philips		LL523X 1 xLED62S/930 NB	38.9 W	5891 lm

## Recaudación

$P_{total}$ 212.0 W	$A_{Local}$ 5.61 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 37.82 W/m <sup>2</sup> = 7.36 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 514 lx
------------------------	------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
10	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Auxiliar de transito y tesoreria

$P_{total}$ 382.8 W	$A_{Local}$ 11.29 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 33.92 W/m <sup>2</sup> = 6.37 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 532 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
9	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$ (Nominal)	$g_2$	Índice
Plano útil (Guardalmacen) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	357 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	9.66 lx	900 lx	0.027 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.011	WP1
Plano útil (Compras Pùblicas ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	820 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	22.1 lx	1806 lx	0.027 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.012	WP2
Plano útil (Auxiliar de contabilidad) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	616 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	8.72 lx	1129 lx	0.014 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.008	WP5
Plano útil (Contabilidad) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	698 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	2.25 lx	1063 lx	0.003 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.002	WP6
Plano útil (Direcciòn financiera) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	542 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	1.24 lx	1026 lx	0.002 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.001	WP7
Plano útil (Auxiliar financiero) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	576 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	0.38 lx	1167 lx	0.001 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.000	WP8
Plano útil (Recaudaciòn) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	482 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	18.5 lx	1225 lx	0.038 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.015	WP11
Plano útil (Recaudaciòn) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	514 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	35.9 lx	1364 lx	0.070 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.026	WP12
Plano útil (Auxiliar de transito y tesoreria ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	532 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	19.1 lx	1377 lx	0.036 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.014	WP13

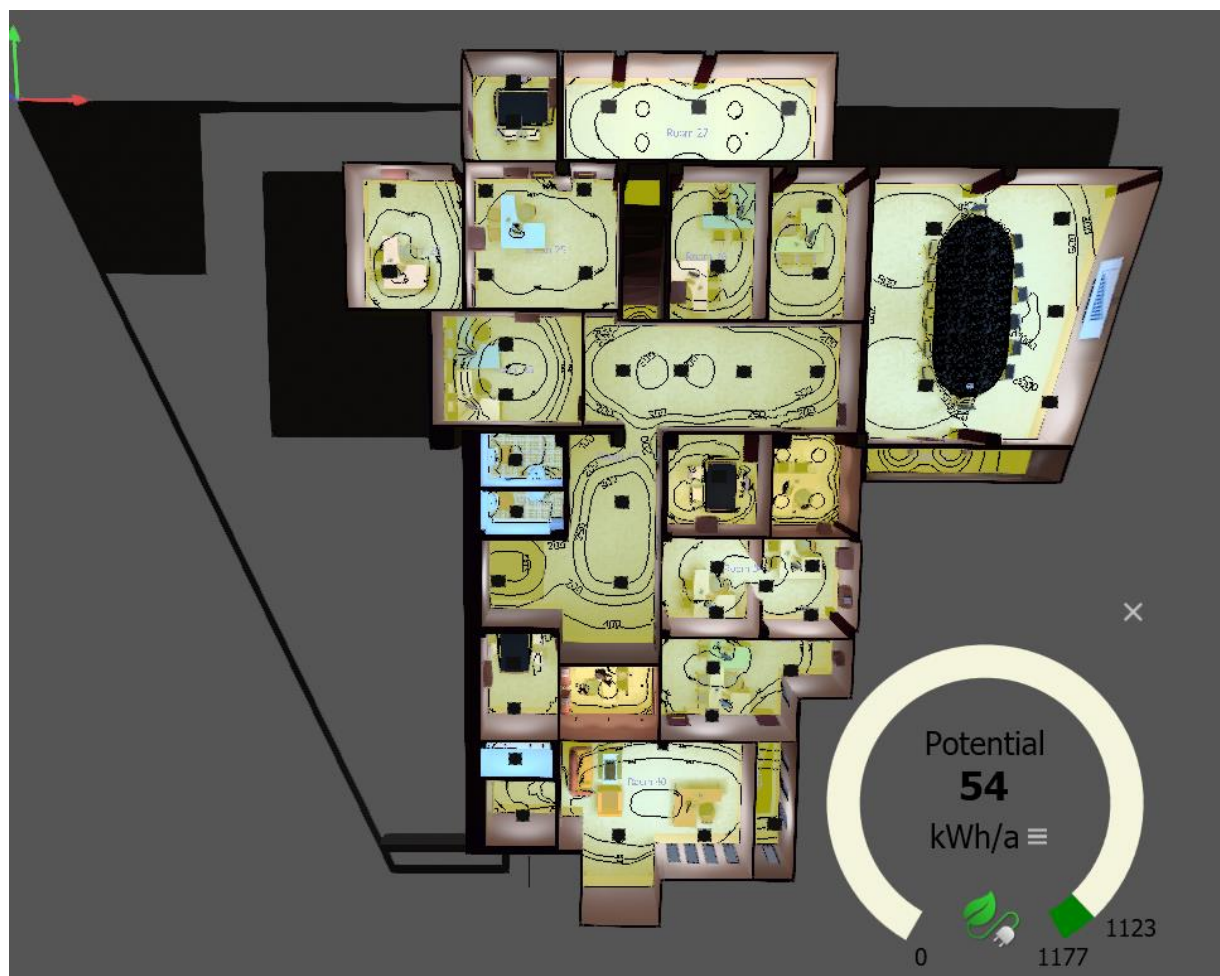
**Figura 27:** Resumen de resultados Dialux de planta baja del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

De los resultados obtenidos, la cantidad de luminarias en la planta baja es determinada por el flujo luminoso, señalando que el factor de mantenimiento es del 80% promedio de los departamentos en la planta. Lo que corresponde a la iluminación media en el plano útil (working plane) es de 570,78 luxes promedio, y su eficiencia energética es de 4,92 W/m<sup>2</sup>, que, de acuerdo a lo estipulado cumple, ya que el valor promedio se encuentra debajo de los 6 W/m<sup>2</sup>.

#### 4.18.2 Resultados primera planta alta de Edificio



**Figura 28:** Diagrama en Dialux primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.



**Figura 29:** Simulación en Dialux primera planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Concejal

$P_{total}$ 254.4 W	$A_{Local}$ 18.32 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 13.89 W/m <sup>2</sup> = 1.99 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\dot{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 696 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Sala de sesiones

$P_{total}$ 1314.4 W	$A_{Local}$ 87.88 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 14.96 W/m <sup>2</sup> = 2.41 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 621 lx
-------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
12	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
26	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Secretaria OOBP

$P_{total}$ 192.0 W	$A_{Local}$ 27.80 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 6.91 W/m <sup>2</sup> = 1.34 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 516 lx
------------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm

## Direccion de planificacion

$P_{total}$ 169.6 W	$A_{Local}$ 11.76 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 14.42 W/m <sup>2</sup> = 2.11 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 684 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
8	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Sistemas

$P_{total}$ 170.4 W	$A_{Local}$ 12.12 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 14.06 W/m <sup>2</sup> = 2.65 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 530 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm



## Àrea de dibujo

$P_{total}$ 568.0 W	$A_{Local}$ 27.18 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 20.90 W/m <sup>2</sup> = 1.87 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 1116 lx
------------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
20	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Fiscalizaci3n

$P_{total}$ 255.6 W	$A_{Local}$ 12.02 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 21.26 W/m <sup>2</sup> = 2.78 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 765 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
9	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Oficina 2

$P_{total}$ 168.0 W	$A_{Local}$ 14.17 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 11.86 W/m <sup>2</sup> = 2.16 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 548 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
8	Lemvigh-Müller	7857046469	Philips GreenSpace Downlight DN461B 1100lm/840 DALI Hvid 3D-printet UGR<lt>19 Ø150	9.0 W	1099 lm
2	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm

## Secretaria General

$P_{total}$ 227.2 W	$A_{Local}$ 25.14 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 9.04 W/m <sup>2</sup> = 1.72 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 524 lx
------------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
8	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Alcaldia

$P_{total}$ 568.0 W	$A_{Local}$ 46.30 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 12.27 W/m <sup>2</sup> = 1.66 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 741 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
20	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Oficina

$P_{total}$ 127.2 W	$A_{Local}$ 10.82 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 11.75 W/m <sup>2</sup> = 2.08 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 566 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Talento humano

$P_{total}$ 113.6 W	$A_{Local}$ 22.41 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 5.07 W/m <sup>2</sup> = 1.59 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 318 lx
------------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## OOBP

$P_{total}$ 415.2 W	$A_{Local}$ 20.83 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 19.93 W/m <sup>2</sup> = 1.57 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 1270 lx
------------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
6	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
6	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$ (Nominal)	$g_2$	Índice
Plano útil (OOBP) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1270 lx ( $\geq 750$ lx) ✓	231 lx	1667 lx	0.18 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.14	WP24
Plano útil (Secretaria OOBP) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	516 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	168 lx	719 lx	0.33 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.23	WP25
Plano útil (Concejal) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	696 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	95.3 lx	1010 lx	0.14 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.094	WP26
Plano útil (Fiscalización) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	765 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	8.67 lx	1459 lx	0.011 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.006	WP28
Plano útil (Sala de sesiones ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	621 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	1.77 lx	1286 lx	0.003 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.001	WP30
Plano útil (Direccion de planificacion ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	684 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	152 lx	924 lx	0.22 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.16	WP32
Plano útil (Oficina 2 ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	548 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	4.31 lx	907 lx	0.008 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.005	WP33
Plano útil (Área de dibujo ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	1116 lx ( $\geq 750$ lx) ✓	241 lx	1505 lx	0.22 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.16	WP34
Plano útil (Sistemas) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	530 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	4.92 lx	970 lx	0.009 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.005	WP37
Plano útil (Alcaldia ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	741 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	49.3 lx	1115 lx	0.067 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.044	WP40
Plano útil (Secretaria General ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	524 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	78.6 lx	763 lx	0.15 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.10	WP42
Plano útil (Talento humano) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	318 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	108 lx	463 lx	0.34 ( $\geq 0.00$ ) ✓	0.23	WP43

Plano útil (Oficina)	566 lx	143 lx	824 lx	0.25	0.17	WP41
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 500 lx)			(≥ 0.00)		
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓			✓		

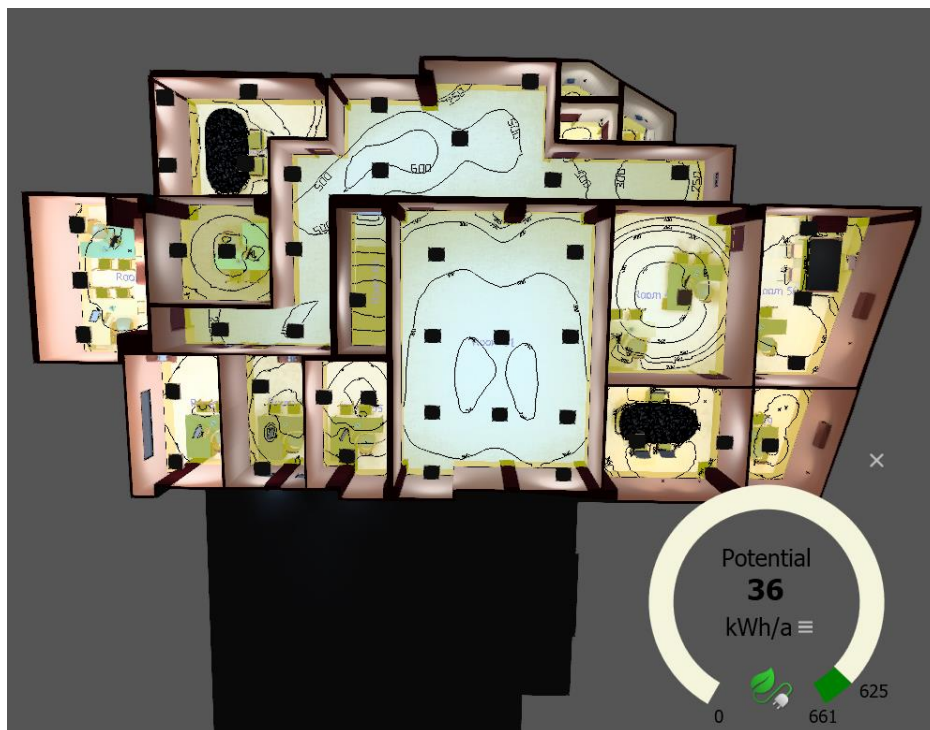
**Figura 30:** Resumen de resultados Dialux de primera planta Alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

De los resultados obtenidos el número de luminarias es determinada en la primera planta alta por el flujo luminoso, señalando que el factor de mantenimiento es del 80% promedio de los departamentos en la planta. Lo que corresponde a la iluminación media en el plano útil (working plane) es de 684,23 luxes promedio, y su eficiencia energética es de 3,22 W/m<sup>2</sup>, que, de acuerdo a lo estipulado cumple, ya que el valor promedio se encuentra por debajo de los 6 W/m<sup>2</sup>

#### 4.18.3 Resultados segunda planta de Edificio



**Figura 31:** Diagrama en Dialux segunda planta alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.



**Figura 32:** Simulación en Dialux segunda planta alta de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

#### Junta cantonal

$P_{total}$ 362.4 W	$A_{Local}$ 18.92 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 19.15 W/m <sup>2</sup> = 2.47 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\dot{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 777 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
4	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
6	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

#### Topografía

$P_{total}$ 241.2 W	$A_{Local}$ 18.59 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 12.98 W/m <sup>2</sup> = 1.98 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\dot{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 656 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
7	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm
2	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Consejo de proteccion de derechos

$P_{total}$ 85.2 W	$A_{Local}$ 13.47 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 6.33 W/m <sup>2</sup> = 1.73 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 367 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Gestion Ambiental

$P_{total}$ 90.4 W	$A_{Local}$ 11.66 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 7.75 W/m <sup>2</sup> = 1.91 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 406 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
2	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Departamento de cultura y deporte

$P_{total}$ 85.2 W	$A_{Local}$ 14.32 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 5.95 W/m <sup>2</sup> = 1.71 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 348 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

## Sala de audiencia

$P_{total}$ 339.2 W	$A_{Local}$ 16.23 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 20.90 W/m <sup>2</sup> = 3.10 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 674 lx
------------------------	-------------------------------------	---	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
16	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Trabajo social

$P_{total}$ 138.4 W	$A_{Local}$ 24.82 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 5.58 W/m <sup>2</sup> = 1.77 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 316 lx
------------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
2	Philips		4MX850 G3 581 1 xLED80S/830 PSD VWB	48.0 W	7600 lm
2	SLV	1003855	NUMINOS DL M	21.2 W	1545 lm

## Comisaria

$P_{total}$ 85.2 W	$A_{Local}$ 12.61 m <sup>2</sup>	Potencia específica de conexión 6.76 W/m <sup>2</sup> = 1.78 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Local)	$\bar{E}_{perpendicular}$ (Plano útil) 380 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
3	SLV	1003681	NUMINOS MOVE DL L	28.4 W	2322 lm

Plano útil (Junta cantonal ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	777 lx (≥ 500 lx) ✓	12.0 lx	1221 lx	0.015 (≥ 0.00) ✓	0.010	WP47
Plano útil (Gestion Ambiental) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	406 lx (≥ 300 lx) ✓	141 lx	746 lx	0.35 (≥ 0.00) ✓	0.19	WP48
Plano útil (Trabajo social ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	316 lx (≥ 300 lx) ✓	8.72 lx	781 lx	0.028 (≥ 0.00) ✓	0.011	WP49
Plano útil (Comisaria ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	380 lx (≥ 300 lx) ✓	150 lx	589 lx	0.39 (≥ 0.00) ✓	0.25	WP54
Plano útil (Departamento de cultura y deporte ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	348 lx (≥ 300 lx) ✓	52.8 lx	573 lx	0.15 (≥ 0.00) ✓	0.092	WP56

Plano útil (Consejo de protección de derechos ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	367 lx (≥ 300 lx) ✓	69.0 lx	754 lx	0.19 (≥ 0.00) ✓	0.092	WP57
Plano útil (Topografía) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	656 lx (≥ 500 lx) ✓	152 lx	1239 lx	0.23 (≥ 0.00) ✓	0.12	WP58
Plano útil (Sala de audiencia ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	674 lx (≥ 500 lx) ✓	7.91 lx	1266 lx	0.012 (≥ 0.00) ✓	0.006	WP59

**Figura 33:** Resumen de resultados Dialux de segunda planta Alta del edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

De los resultados obtenidos, la cantidad de luminarias en la segunda planta alta es determinada por el flujo luminoso, señalando que el factor de mantenimiento es del 80% promedio de los departamentos en la planta. Lo que corresponde a la iluminación media en el plano útil (working plane) es de 490,50 luxes promedio, y su eficiencia energética es de 3,12 W/m<sup>2</sup>, que, de acuerdo a lo estipulado cumple, ya que el valor promedio se encuentra por debajo de los 6 W/m<sup>2</sup>.

#### 4.19 Comparación de la situación actual vs situación propuesta

Se llevó a cabo un análisis detallado comparando la situación actual de cada área del edificio con la situación propuesta, siguiendo las pautas establecidas por la normativa correspondiente. Los resultados de esta comparación se obtuvieron a través del software Dialux y se presentan a continuación, divididos por planta. Esta evaluación minuciosa permitió identificar discrepancias entre el estado actual y las metas planteadas, proporcionando así un panorama claro de los ajustes necesarios para cumplir con los estándares normativos y mejorar la eficiencia lumínica en cada sección del edificio.



Área	Nivel Iluminación Norma (luxes)	Nivel Iluminación actual (luxes)	Nivel Iluminación propuesto (luxes)
Contabilidad	500	166.34	698,00
Dirección financiera	500	297.33	542,00
Auxiliar de contabilidad	500	150.4	616,00
Asistente financiero	500	268.66	576,00
Compras publicas	500	221.33	820,00
Bodega general	300	261	357,00
Recaudación	300	97.26	482,00
Rentas	300	230.33	514,00
Tesorería	500	102.36	532,00

**Tabla 51:** Resultados obtenidos y comparativa planta baja de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Área	Nivel Iluminación Norma (luxes)	Nivel Iluminación actual (luxes)	Nivel Iluminación propuesto (luxes)
Sala de consejo	500	219.79	696,00
Sala de sesiones	500	209.61	621,00
Secretaria obras publicas	300	281.33	516,00
Dirección de planificación	500	241	684,00
Departamento de sistemas	500	184	530,00
Jefatura de proyectos	750	154.45	1116,00
Fiscalización	500	766.66	765,00
Avalúos y catastros	300	115.5	548,00
Secretaria general	500	215.65	524,00
Alcaldía	500	295.66	741,00
Jurídico	500	790.5	566,00
Talento humano	300	358.66	318,00
Dirección de obras publicas	750	321	1270,00

**Tabla 52:** Resultados obtenidos y comparativa primera planta de edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Área	Nivel Iluminación Norma (luxes)	Nivel Iluminación actual (luxes)	Nivel Iluminación propuesto (luxes)
Junta cantonal	500	127.30	777,00
Topografía	500	170.33	656,00
Consejo de protección de derechos	300	124.56	367,00
Unidad de gestión ambiental	300	439	406,00
Departamento de cultura, deporte y turismo	300	523.66	348,00
Sala de sesiones	500	198.45	674,00
Promoción y comunicación social	300	202	316,00
Comisaria	300	420	380,00

**Tabla 53:** Resultados obtenidos y comparativa segunda planta de Edificio

Conforme los resultados de la simulación realizada en cada planta del Edificio, y comparando con la nueva propuesta, la iluminación tiene que ser la necesaria para cada departamento dependiendo de las tareas específicas, considerando además la sensibilidad de contraste, la habilidad de enfocar de manera efectiva en actividades que se encuentran a distancias variadas.

En consecuencia, a medida que se incremente la intensidad lumínica, considerando un límite máximo para prevenir el deslumbramiento, se experimentará una mejora en la capacidad visual.

#### 4.20 Comparativa con norma de eficiencia energética

##### 4.20.1 NTE INEN 2506 (2009): Eficiencia energética en edificaciones

Para una iluminación eficiente las edificaciones se regirán de acuerdo a la norma del reglamento técnico ecuatoriano. A su vez el VEEI (valor de la eficiencia energética de una instalación), de cada superficie designada para una actividad de dicho edificio, se debe guiar de acuerdo a los valores detallados por esta norma; como se aprecian en la tabla 15, se muestran los valores que no se deben superar para cada tipo de área según la actividad a la que está destinada [7].

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m <sup>2</sup> )
Administración general	6,0
Estaciones de transporte	6,0
Supermercados, hipermercados y almacenes	6,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	6,0
Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
Centros comerciales	8,0
Hostelería y restauración	10,0
Religioso en general	10,0
Salones de acto, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	10,0
Tiendas y pequeño comercio	10,0
Zonas comunes	10,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12,0

**Tabla 54:** VEEI máximo para zonas de representación [7].

Por otra parte, el valor de la eficiencia energética de las instalaciones, la cual es definida por la potencia total instalada en las lámparas, la superficie y la iluminación media horizontal, se rige por norma NTE INEN 2506 (Eficiencia energética en edificaciones). En la tabla 28, se muestra el valor promedio por planta, en comparación al estipulado por dicha norma.

Planta del edificio	Iluminación promedio (lux)	VEEI simulación (W/m <sup>2</sup> )	VEEI norma (W/m <sup>2</sup> )
Primera planta	570,78	4,92	< 6 W/m <sup>2</sup>
Segunda planta	684,23	3,22	< 6 W/m <sup>2</sup>
Planta baja	490,50	3,12	< 6 W/m <sup>2</sup>

**Tabla 55:** Resultados de VEEI por planta y comparativa con la norma NTE INEN 2506.

## CAPÍTULO V

### 5 Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

- Esta investigación se centró en un análisis exhaustivo de las normas vigentes en instalaciones eléctricas y niveles de iluminación en entidades públicas, además de un análisis de los sistemas de iluminación actual, y se logró hallar los espacios de trabajo con deficiencias luminosas. Y se planteó una propuesta a partir de este análisis en regla con las normas y niveles óptimos de iluminación y valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Se analizaron los estándares mínimos de iluminación de acuerdo con la norma INTE/ISO 8995-1:2016, además del sistema de iluminación actual presente, según el caso de estudio, edificio Municipalidad Sevilla de Oro, con sus respectivas características de las luminarias instaladas. Se utilizó el método de mallas y puntos de medición para lograr obtener el nivel de iluminación promedio por cada espacio de trabajo, además del uso de herramientas de medición como el luxómetro y el luminancímetro, obteniendo como resultado un estándar demasiado bajo según la normativa.
- Se concluyó que es necesario realizar una evaluación del estado de las instalaciones de iluminación dentro de la entidad pública del caso, teniendo en cuenta el nivel de lumínico óptimo para cada tarea regida por una norma específica. Además de la toma de medidas de las superficies de trabajo, con la finalidad de hallar los parámetros de importancia como lo son el índice local, la iluminación media, factor de utilización, factor de mantenimiento y el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Se realizó una evaluación del estado de las instalaciones para el caso de estudio, edificio Municipalidad Sevilla de Oro. Se tomó como referencia la norma NTE INEM 2506

(2009), la cual establece un valor máximo de  $6,0 \text{ W/m}^2$  y la norma INTE/ISO 8995-1:2016, la cual normaliza parámetros de 300, 500 y 750 luxes. Se obtuvo como resultado una iluminación deficiente por debajo de los valores de la norma INTE/ISO 8995-1:2016. Para la planta baja se halló una iluminación promedio de 199,45 luxes y se promedió un VEEI de  $3,58 \text{ W/m}^2$ , para la primera planta alta se obtuvo 319,52 luxes y un VEEI de  $2,58 \text{ W/m}^2$  y para la segunda planta alta, 275,66 luxes y  $5,64 \text{ W/m}^2$ .

- Se concluyó que es necesario plantear una propuesta de un nuevo sistema de iluminación en caso de que los niveles lumínicos no cumplan con lo estipulado en la norma de referencia. Para esto se plantearon nuevos tipos de luminarias con niveles óptimos y que cumplan con el nivel de iluminación deseado. Esta propuesta se simuló y comparó con los niveles actuales comprobando niveles óptimos de luz y VEEI en los espacios de trabajo.
- Se simuló la propuesta de esta investigación, y se obtuvo como resultado valores de iluminación dentro de la norma INTE/ISO 8995-1:2016. Para la primera planta se promedió una iluminación de 570,78 luxes con un VEEI de  $4,92 \text{ W/m}^2$ , para el caso de la primera planta alta se halló un promedio de 684,23 luxes con un VEEI de  $3,22 \text{ W/m}^2$ , y para la segunda planta alta se obtuvieron 490,50 luxes con un VEEI de  $3,12 \text{ W/m}^2$ . Estos valores demuestran más iluminación y un menor consumo de potencia.
- El análisis concluyó que es necesario emplear normativas reglamentarias específicas relacionadas con los parámetros estudiados, como el nivel de iluminación y la eficiencia energética de la instalación. Estas normas proporcionan un marco de referencia para garantizar el cumplimiento de estándares adecuados en cuanto a la calidad lumínica y el uso eficiente de la energía. Asimismo, el seguimiento de tales normas, INTE/ISO 8995-1:2016 y NTE INEM 2506 (2009) facilita la creación de entornos iluminados de manera óptima, al tiempo que promueve la sostenibilidad y la eficacia en el consumo energético.
- Se comparó cada resultado, tanto de la iluminación actual como la iluminación propuesta, con la iluminación estandarizada por la norma INTE/ISO 8995-1:2016 en el

apartado de oficinas, los resultados demuestran que la iluminación actual del caso de estudio, edificio Municipalidad de Sevilla de Oro, tiene deficiencias en los niveles de iluminación puesto que en ciertas zonas están por debajo de los niveles mínimos de iluminación (300, 500, 750 luxes). En cuanto al valor de la eficiencia energética de una instalación se tomó como referencia la norma NTE INEM 2506 (2009), la cual establece un valor máximo de  $6,0 \text{ W/m}^2$  de VEEI para la zona de actividad de administración general. En ambos casos los valores de la simulación se ubican dentro de los parámetros aceptables por la norma.

- Es importante realizar una entrevista exhaustiva sobre el confort lumínico en el edificio de la Municipalidad de Sevilla de Oro, para concluir si existe una preocupación generalizada entre los usuarios respecto al nivel de iluminación en el espacio. Los entrevistados expresaron una percepción mayoritaria de insatisfacción con el confort visual proporcionado por la iluminación actual. Esto sugiere la necesidad de realizar ajustes en el sistema de iluminación para mejorar la calidad lumínica y garantizar un ambiente laboral más confortable y productivo.
- En cuanto a la opinión de los trabajadores del edificio de caso de estudio, Municipalidad de Sevilla de Oro, encuestados un 97 %, respecto al confort visual, no se encontraron conformes y el 64 % propuso un cambio en el sistema de iluminación. La propuesta del sistema de iluminación eleva los niveles de luxes en cada zona de trabajo solicitada y a la vez genera una relación más eficiente entre el nivel de iluminación y el consumo de potencia como lo demuestran los resultados.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda la implementación del presente estudio en el edificio Municipalidad Sevilla de Oro, para mejorar considerablemente los niveles de iluminación y generar un mayor confort para los funcionarios en lo referente a la ejecución de las tareas diarias en cada departamento, a la vez impactará positivamente en la eficiencia y productividad de las tareas diarias realizadas.



- Es recomendable utilizar sistemas de modelamiento para el análisis de sistemas de iluminación, como es el Dialux. Este software es reconocido por su eficacia en el análisis de sistemas de iluminación, ofrece una interfaz amigable y de fácil manejo para los usuarios, lo que facilita su aplicación en entornos profesionales y una planificación previa a futuros proyectos.
- Se recomienda utilizar puntos de luz natural en las zonas de trabajo con acceso a ventanas, esta estrategia ayuda a compensar los niveles de iluminación en puntos deficientes, y en conjunto con sistemas de iluminación inteligente para el control eficaz de iluminación con un menor consumo de potencia.
- Se sugiere hacer una evaluación del sistema de iluminación de las entidades públicas cada cierto intervalo de tiempo, pues la tecnología lumínica está en constante evolución, sobre todo el avance científico en iluminación led, esto generaría un ahorro energético en la institución, un mejor confort lumínico y la satisfacción de los empleados.
- Es recomendable implementar un plan de mantenimiento sistemático y regular en el sistema de iluminación de las entidades públicas. Este plan debería incluir inspecciones periódicas, limpieza de luminarias, reemplazo de lámparas y componentes defectuosos, y ajustes de configuración según sea necesario. La implementación de un plan de mantenimiento adecuado no solo ayuda a mantener la eficiencia y el rendimiento óptimo del sistema de iluminación, sino que también contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y reduce el riesgo de fallos inesperados.

## 6 Referencias

- [1]. Zaragoza MA, Pichardo FD, Cobián R. Instalaciones eléctricas. 2015; 4(1).
- [2]. Medina Freire MA. La iluminación y su incidencia en los accidentes de trabajo dentro de los edificios institucionales de la empresa eléctrica. Tesis de grado. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Ambato; 2013.
- [3]. Martin AAG, Secundaria E. Historia de la iluminación. Tecnología en Educación Secundaria. 2009; 6047(23): p. 5-8.
- [4]. Bayas L. Condiciones subestándar de iluminación y su incidencia en la iluminancia de la empresa Arboriente S.A. Tesis de grado. ; 2018.
- [5]. UNE-EN 12464.1:2012. En.; 2012.
- [6]. Luigin E, Arevalo R. Eficiencia energética, diseño y modelado del sistema de iluminación de la iglesia Corazón de Jesús. Tesis de grado. ; 2021.
- [7]. NTE-INEN. “2506(2009): Eficiencia Energética en Edificaciones, Requisitos”. 2009; 4.
- [8]. Ministerio de minas y energía. Anexo general reglamento técnico de iluminación y alumbrado público. En. Republica de Colombia: RETILAP; 2010.
- [9]. Ixtaina P, Bannert B, Bufo N. Eficiencia energética en reconversiones LED del alumbrado público. San Rafael.; 2019.
- [10]. Reyes Pérez P. Propuesta para una iluminación eficiente en el edificio de Ciencias Forenses y Medicina Legal de San Joaquín de Flores, Heredia. Tesis de grado. ; 2016.
- [11]. INSTITUTO DE NORMAS TECNICAS DE COSTARICA. INTE/ISO 8995-1:2016. En INTECO.. COSTA RICA; 2016. p. 31.
- [12]. Loachamin Nasimba DX. Propuesta de un sistema de iluminación interior eficiente para el edificio de química/eléctrica de la EPN. Tesis de grado. ; 2020.
- [13]. Marrufo E CJ. Instalaciones eléctricas básicas. Grado medio España: McGraww-Hill / Interamericana España S.A.; 2010.
- [14]. Sánchez S. Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior; 2015.
- [15]. Galbarro HR. Diseño eficiente de la iluminación interior de los edificios. [Online]; 2023.
- [16]. Saavedra E, Rey-Martínez FJ, Luyo J. Sistemas de iluminación, situación actual y perspectivas. Revista Científica TECNIA. 2016; 26(2): p. 44.

- [17]. Fillipo V, Cano H, CHaves J. Aplicaciones de iluminación con Leds. *Scientia Et Technica*. 2010; XVI(45): p. 13-18.
- [18]. Becerril del Olmo J. Proyecto de mejora en la iluminación, eficiencia energética y control de flujo luminoso de la Universidad Carlos III Madrid. Tesis de Grado. ; 2017.
- [19]. Nuñez Naranjo LP. Discomfort lumínico y su incidencia en las adicciones visuales en los puestos de trabajo del área administrativa de la empresa DIPAC MANTA S.A. Tesis de maestría. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2018.
- [20]. Pesantez Pesantez FE, Valdez Salamea AV. Diseño de un sistema de optimización de energía eléctrica para iluminación en sectores críticos de la Universidad Politécnica Salesiana sede matriz Cuenca. Tesis de Grado. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana; 2014.
- [21]. ISO 8995:2002/CIE S 008-2001, IDT. Iluminación de Puestos de Trabajo en Interiores; 2003.
- [22]. UNE-EN 12464-1. Iluminación de los Lugares de Trabajo. Lugares de Trabajo en Interiores; 2012.
- [23]. Ministerio de Minas y Energía. RETILAP. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Colombia; 2010.
- [24]. Castro. Diseño de iluminación con luminarias tipo Led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas. Tesis de grado. ; 2015.
- [25]. Ministerio de Minas y Energía. ISBN: 978-958-8363-00-4. En Martínez Torres H. Alumbrado interior de edificaciones para entidades públicas.: Poligrama; 2007. p. 24.
- [26]. Primicias. [Online] Acceso 03 de 10de 2023. Disponible en:  
<https://www.primicias.ec/noticias/economia/burocracia-sector-publico-trabajadores/>.
- [27]. MINISTERIO DE INDUSTRIA EYT. Guía técnica de aplicación: EFICIENCIA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR. MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES; 2013.
- [28]. Menéndez JE, Nigra-Maccono PH. Valor de la eficiencia energética en la instalación eléctrica de iluminación en la edificación. Jornadas internacionales de investigación en construcción: vivienda: pasado, presente y futuro: resúmenes y actas. 2013.
- [29]. MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción - INSTALACIONES ELECTRICAS. MIDUVI , editor. Ecuador; 2018.

- [30]. SYLVANIA Weare lightingleaders. Catálogo. Iluminación General LED, Interior y Exterior. En.; 2022.
- [31]. PHILIPS Iluminación. Catálogo de lámparas y luminarias LED profesionales. En.; 2021.
- [32]. ESYLUX. Innovaciones para automatización inteligente y soluciones de iluminación. En.; 2022.
- [33]. 3F FILIPPI. Catalogo. En.; 2023.
- [34]. Rodriguez J, Llano C. Guia para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando DIALUX. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira; 2012.
- [35]. ISO. ISO 9001: "Sistemas de Gestión de Calidad-Requisitos". En. Req; 2015. p. 7.

## 7 Anexos

### 7.1 Mediciones de los espacios de trabajo por piso

Mediciones Primera Planta		
Lugar	Puntos	Valor (lux)
Sala de Consejo	P1	465
	P2	298
	P3	229
	P1	288
	P2	257
	P3	192
	P1	270
	P2	170
	P3	71.6
	P1	165.3
	P2	99.3
	Sala de sesiones	P1
P2		250
P3		223
P4		194
P5		164
P6		160
P7		141.4
P8		146
P9		154.6
P10		191.2
P11		228
P12		255
P13		326.8

Jefatura de proyectos	P1	123.1
	P2	191.9
	P3	141.1
	P1	277
	P2	183
	P3	191.2
	P1	169.4
	P2	187.2
	P3	113.1
	P1	126.5
	P2	94.1
	P3	55.8
Fiscalización	P1	615
	P2	924
	P3	761
Avalúos y catastros	P1	187.2
	P2	144.7
	P3	90.6
	P4	39.5
Alcaldía	P1	241
	P2	260
	P3	214
	P1	315
	P2	271
	P3	425
Jurídico	P4	401
	P1	458
	P2	651
	P3	804
	P4	1249

Dirección de obras públicas	P1	342
	P2	285
	P3	336

**Tabla 56:** Mediciones de la primera planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.

Mediciones Segunda Planta		
Lugar	Puntos	Valor (luxes)
Junta Cantonal	P1	118.5
	P2	131.2
	P3	117.7
	P4	130.4
	P1	204
	P2	169
	P3	207
	P4	158
	P1	83.8
	P2	57.2
	P3	90.6
	P4	60.3
Topografía	P1	149.5
	P2	211
	P3	116
	P1	111.5
	P2	189.3
	P3	274
	P1	176.4
	P2	129
	P3	176.3

Área social 1	P1	114.6
	P2	55.6
	P3	116.1
	P1	103.5
	P2	97.6
	P3	48.5
	P1	182.5
	P2	136.2
	P3	179.56
	P4	140.3
	P1	177.6
	P2	144.4
	P3	182.3
	P4	135.7
Área social 2	P1	259
	P2	462
	P3	342
	P1	458
	P2	576
	P3	537
Departamento de cultura, deporte y turismo	P1	458
	P2	576
	P3	537
Promoción y comunicación social	P1	262
	P2	142

**Tabla 57:** Mediciones de la segunda planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.



Mediciones Planta Baja		
Lugar	Puntos	Valor (luxes)
Contabilidad	P1	207
	P2	227
	P3	170
	P4	112.7
	P5	115
Dirección Financiera	P1	441
	P2	262
	P3	189
Auxiliar de contabilidad	P1	222
	P2	138.6
	P3	90.6
Asistente financiero	P1	223
	P2	257
	P3	326
Compras publicas	P1	324
	P2	194
	P3	146
Bodega general	P1	281
	P2	241
Recaudación	P1	142.1
	P2	86.3
	P3	63.4
Rentas	P1	348
	P2	187
	P3	156
Tesorería	P1	126.6
	P2	92.4

	P3	88.1
	P1	231
	P2	234
	P3	283

**Tabla 58:** Mediciones de la segunda planta, Edificio Municipalidad de Sevilla de Oro.