

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICO PARA LAS
TERRAZAS VERDES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

LUIS ÁNGEL JIMÉNEZ ZEA

DIEGO EDINSON UMAÑA GUTIÉRREZ



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2018

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICO PARA LAS
TERRAZAS VERDES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

LUIS ÁNGEL JIMÉNEZ ZEA

DIEGO EDINSON UMAÑA GUTIÉRREZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista.

Director:

GERMAN ALFONSO OSMA PINTO

PhD. en Ingeniería.

Codirector:

OSCAR ARNULFO QUIROGA

PhD. en Ingeniería.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2018

Este logro, va dedicado especialmente a mi madre, por ser mi fortaleza y mi guía en cada paso de mi vida.

A Dios por ponerme en este camino.

A mi padre y mis hermanos, por el cariño, los consejos y el apoyo incondicional durante todo el proceso.

A mi tía Rita Gutiérrez y mis abuelos Luis y Helena, por enseñarme que solo con esfuerzo, dedicación y humildad se forjan grandes personas.

A mi primo, Hency Roballo, por todas sus enseñanzas.

A mi familia, por ser ejemplo de perseverancia y respeto.

A mi amigo y compañero Luis Jiménez, por su compromiso y colaboración para la realización de este proyecto.

A mis amigos, por compartir conmigo una etapa importante de nuestras vidas, quedan innumerables recuerdos e historias de todo lo vivido.

DIEGO EDINSON UMAÑA GUTIÉRREZ

Este proyecto se lo dedico primeramente a Dios por guiarme siempre por el buen camino.

A mis padres Yonis Jiménez y Yamile Zea que con mucho esfuerzo me brindaron esta oportunidad y siempre estuvieron conmigo.

A mi familia, en especial a mi tía Marlene Zea Blanco y mis abuelas Miriam y Ana por brindarme su apoyo y ayuda en los momentos difíciles.

A Dionisio Andrés de Jesús Blanco, Kendy Vanesa Peña, Kevin Sierra por brindarme su amistad a lo largo de estos años y compartir conmigo momentos buenos y malos.

A mi amigo y compañero Diego Umaña, por su dedicación y ayuda durante este proyecto.

A mis amigos y compañeros con quien compartí una muy buena experiencia, en especial a la persona que me acompañó e hizo más amena esta última etapa.

Por último, a la selección de atletismo por permitirme ser parte de ella y participar en las diferentes actividades interdisciplinarias y ayudarme a crecer como persona.

LUIS ANGEL JIMENEZ ZEA

Agradecimientos

A todas las personas que hicieron parte de este proceso, a quienes a que nos brindaron su apoyo incondicional para el cumplimiento de esta meta. A Dios por darnos la vida, la fuerza y las capacidades necesarias para desarrollar este proyecto. A nuestros directores, el Dr. German Alfonso Osma y el Dr. Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga por la disposición y el conocimiento que nos brindaron para el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	18
1 GENERALIDADES	20
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 OBJETIVOS.....	21
2 MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 DEFINICIONES	22
2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	27
2.3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	41
3 CONDICIONES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LAS TERRAZAS VERDES..	50
3.1 IDENTIFICACIÓN FÍSICA DEL LUGAR	50
3.2 IDENTIFICACIÓN ELÉCTRICA DEL LUGAR	54
3.3 REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN.....	56
4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	59
4.1 SELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y FUENTES LUMINOSAS.....	61
4.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO.....	69
4.3 ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TERRAZAS VERDES	
71	
4.4 ASPECTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE	
ILUMINACIÓN RECOMENDADO	98
5 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	100
5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	100
6 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO.....	109
6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES	109
6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	117

6.3 RECURSOS.....	123
6.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	125
6.5 PRESUPUESTO TOTAL CONSOLIDADO	132
7 CONCLUSIONES.....	133
8 RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFIA.....	137

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. GENERALIDADES SOBRE TECHOS VERDES	139
ANEXO B. TABLAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN	147
ANEXO C. REQUISITOS DE ILUMINACIÓN PARA ESPACIOS DE TRABAJO EN EXTERIORES	156
ANEXO D. DISEÑO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR MEDIANTE SOFTWARE DIALUX EVO.....	157

VER OTROS ANEXOS EN LA CARPETA ADJUNTA AL CD

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El ángulo entre la línea de visión del observador y la dirección de la luz incidente.	32
Figura 2. Espectro temperatura de color.	33
Figura 3. Componentes de luz sobre una superficie.	34
Figura 4. Iluminación en un punto.	35
Figura 5. Modelo de circuito ramal-línea corta.	44
Figura 6. Terraza del quinto piso.	51
Figura 7. Terraza del sexto piso.	51
Figura 8. Plano -Terraza verde del quinto piso.	52
Figura 9. Plano -Terraza verde del sexto piso.	52
Figura 10. Áreas de la terraza del quinto piso.	53
Figura 11. Áreas de la terraza del sexto piso.	53
Figura 12. Tablero 1 de la terraza del sexto piso.	54
Figura 13. Tablero 2 de la terraza del sexto piso.	55
Figura 14. Tableros del cuarto técnico del quinto piso.	55
Figura 15. Metodología de desarrollo del diseño.	60
Figura 16. Superficie de trabajo de la terraza del sexto piso.	72
Figura 17. Superficie de deslumbramiento para la zona de trabajo de la terraza del quinto piso.	73
Figura 18. Superficies de deslumbramiento para la zona de trabajo de la terraza del sexto piso.	73
Figura 19. Posición de las luminarias en el área de sendero del quinto piso.	75
Figura 20. Posición de las luminarias en el área de trabajo del quinto piso.	75
Figura 21. Posición de las luminarias en las zonas verdes del quinto piso.	76
Figura 22. Posición de las luminarias en el área de senderos del sexto piso.	77
Figura 23. Posición de las luminarias en el área de trabajo del sexto piso.	77
Figura 24. Posición de las luminarias en las zonas verdes del sexto piso.	78
Figura 25. Posición de las luminarias en el área de sendero del quinto piso.	79

Figura 26. Posición de las luminarias en el área de trabajo del quinto piso.	79
Figura 27. Posición de las luminarias en las zonas verdes del quinto piso.	80
Figura 28. Posición de las luminarias en el área de sendero del sexto piso.....	81
Figura 29. Posición de las luminarias en el área de trabajo del sexto piso.....	81
Figura 30. Posición de las luminarias en las zonas verdes del sexto piso.....	82
Figura 31. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.1 Terraza del quinto piso, área de trabajo.	84
Figura 32. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.1 Terraza del sexto piso, área de trabajo/panel A.....	84
Figura 33. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.2 Terraza del quinto piso, área de trabajo.	87
Figura 34. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.2 Terraza del sexto piso, área de trabajo/panel A.....	87
Figura 35. Terraza del quinto piso, superficie de cálculo UGR a 1 m de altura, primera simulación.....	95
Figura 36. Terraza del quinto piso, superficie de cálculo UGR a 1 metro de altura, segunda simulación.	95
Figura 37. Terraza del sexto piso, superficie de cálculo UGR a 0.8 m de altura, primera simulación.....	96
Figura 38. Terraza del sexto piso, superficie de cálculo UGR a 0.8 m de altura, segunda simulación.	97
Figura 39. Plano de iluminación del Quinto Piso.....	102
Figura 40. Plano de iluminación del Sexto Piso.	102
Figura 41. Dimensiones constructivas tableros de distribución LEGRAND.	115
Figura 42. Impermeabilización en cubierta verde.....	142
Figura 43. Aislamiento térmico en techos verdes.....	144
Figura 44. Generación fotovoltaica en techos verdes.	144
Figura 45. Efecto isla calor.	145
Figura 46. Efecto contaminación en techos verdes.....	146
Figura 47. Importación del plano.....	157

Figura 48. Importar plano de AutoCAD.	158
Figura 49. Finalización de la importación.	158
Figura 50. Dibujar terreno.	159
Figura 51. Posicionamiento de los puntos.	159
Figura 52. Material del terreno.	160
Figura 53. Seleccionar material.	160
Figura 54. Muro de la terraza.	161
Figura 55. Insertar muebles y objetos.	161
Figura 56. Posicionamiento de los objetos.	162
Figura 57. Vista 3D del terreno.	162
Figura 58. Buscar luminarias.	163
Figura 59. Catálogo de PHILIPS.	163
Figura 60. Incluir luminarias a DIALux.	164
Figura 61. Validar información de la luminaria.	164
Figura 62. Posicionamiento de las luminarias.	165
Figura 63. Grupo de luminarias.	165
Figura 64. Superficie de cálculo.	166
Figura 65. Delimitar superficie de cálculo.	166
Figura 66. Vista 3D de la terraza completa.	167
Figura 67. Cálculo finalizado.	168
Figura 68. Configuración de la plantilla.	168
Figura 69. Simulación en formato PDF.	169
Figura 70. Seleccionar carpeta de destino y nombre.	169

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factor de mantenimiento de la luminaria LMF.	38
Tabla 2. Factor de mantenimiento del espacio RSMF.....	38
Tabla 3. Factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara LLMF.	39
Tabla 4. Requisitos de Iluminación para las terrazas.	58
Tabla 5. Luminaria LED TORTUGA 5.5W para área de senderos.	62
Tabla 6. Luminaria LED TORTUGA 10W para área de senderos.	63
Tabla 7. Luminaria TWEETER X W para área de senderos.....	63
Tabla 8. Luminaria LED JETA 20W para área de paneles FV.	64
Tabla 9. Luminaria LED JETA 30W para área de paneles FV.	64
Tabla 10. Luminaria LED JETA 50W para área de paneles FV.	65
Tabla 11. Luminaria PUMA D-63 para zonas verdes.	65
Tabla 12. Luminaria D-69 OMEGA para zonas verdes.	66
Tabla 13. Luminaria LED deco bolardo 10W para Zonas Verdes.....	66
Tabla 14. Luminarias para Zonas Verdes.	67
Tabla 15. Luminarias para Área de Trabajo.	67
Tabla 16. Luminarias para Área de Senderos.	68
Tabla 17. Valores para factor de mantenimiento.....	69
Tabla 18. Cálculo del factor de mantenimiento.	70
Tabla 19. Luminarias para la primera simulación de la terraza del Quinto Piso. ...	74
Tabla 20. Luminarias para la primera simulación de la terraza del Sexto Piso.....	76
Tabla 21. Luminarias para la segunda simulación de la terraza del quinto piso. ...	78
Tabla 22. Luminarias para la segunda simulación de la terraza del sexto piso.	80
Tabla 23. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del quinto piso, primera simulación.....	83
Tabla 24. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del sexto piso, primera simulación.....	83
Tabla 25. Costo luminarias terraza del quinto piso.	85
Tabla 26. Costo luminarias terraza del sexto piso.....	85

Tabla 27. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del quinto piso, segunda simulación.	86
Tabla 28. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del sexto piso, segunda simulación.....	86
Tabla 29. Costo luminarias terraza del quinto piso.	88
Tabla 30. Costo luminarias terraza del sexto piso.....	88
Tabla 31. Comparación de resultados de la terraza del quinto piso.	91
Tabla 32. Comparación de resultados de la terraza del sexto piso.	92
Tabla 33. Carga instalada terraza del Quinto Piso.....	101
Tabla 34. Carga Instalada terraza del Sexto Piso.	101
Tabla 35. Selección de conductores para circuitos ramales.....	105
Tabla 36. Selección de conductores para la acometida.	106
Tabla 37. Regulación de tensión de los circuitos ramales.....	108
Tabla 38. Especificaciones conductores usados.....	111
Tabla 39. Dimensiones tablero LEGRAND TML-4B0.....	115
Tabla 40. Dimensiones gabinetes Atlantic ³	116
Tabla 41. Especificaciones aparatos de salida.	116
Tabla 42. Luminarias empleadas.	117
Tabla 43. Recursos de obra para la construcción del sistema.	123
Tabla 44. APU - Actividad 1.1 salida luminaria Tortuga sexto p.....	125
Tabla 45. APU – Actividad 1.2 salida luminaria Tortuga quinto p.....	126
Tabla 46. APU - Actividad 1.3 salida toma-reflector 50 W.....	126
Tabla 47. APU - Actividad 1.4 salida toma-reflector 30 W.....	127
Tabla 48. APU - Actividad 1.5 salida luminaria D-69 sexto piso.....	128
Tabla 49. APU - Actividad 1.6 salida luminaria D-69 quinto piso.....	128
Tabla 50. APU - Actividad 2.1 Tablero de distribución.	129
Tabla 51. APU - Actividad 2.2 circuitos terraza quinto p.....	130
Tabla 52. APU - Actividad 3.1 Acometida TD-TN5.....	130
Tabla 53. Presupuesto total consolidado.	132

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ELÉCTRICO PARA LAS TERRAZAS VERDES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA¹.

AUTORES: LUIS ÁNGEL JIMENEZ ZEA.
DIEGO EDINSON UMAÑA GUTIÉRREZ².

PALABRAS CLAVE: Sistema de iluminación, Diseño de iluminación, Iluminancia, Deslumbramiento, Uniformidad, Instalación eléctrica.

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo, se fundamenta en el diseño de un sistema de iluminación eléctrico para las terrazas verdes del edificio de ingeniería eléctrica. Para ello, se realiza inicialmente, un levantamiento de datos físicos del espacio y una revisión detallada de la instalación eléctrica existente, con el fin de establecer la forma y punto de conexión del sistema de iluminación a la red existente y definir los requerimientos de iluminación del espacio. Seguidamente, se plantean y desarrollan dos propuestas de diseño de sistema de iluminación, cada una constituida por un tipo de luminaria y la cantidad necesaria para iluminar cada una de las zonas definidas en las terrazas. Se desarrolla el diseño mediante el software DIALux Evo, se presentan los resultados y mediante un análisis comparativo, se selecciona la propuesta recomendada para ejecutar el proyecto. De manera complementaria al diseño del sistema iluminación, se presenta, el diseño de la instalación eléctrica correspondiente. Al inicio de la sección final, se realiza la descripción detallada de las especificaciones técnicas generales y particulares, donde se establecen los requisitos técnicos de los productos y la cantidad de recursos mínimos para construir cada uno de los elementos del proyecto. Finalmente, se presenta el presupuesto total necesario para la ejecución del proyecto; Este, se conforma por tres unidades generales y los APU's correspondientes a cada una.

Como información anexa, se presenta, el referente normativo empleado para el desarrollo del proyecto, una guía de uso del software para diseño de exteriores y las características más relevantes de la construcción de techos verdes.

¹ Trabajo de Grado.

² Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Dr. GERMAN ALFONSO OSMA PINTO. Codirector Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF AN ELECTRICAL ILLUMINATION SYSTEM FOR THE GREEN ROOFTOP OF ELECTRICAL ENGINEERING BUILDING ³.

AUTHORS: LUIS ANGEL JIMENEZ ZEA.
DEIGO EDINSON UMAÑA GUTIERREZ⁴.

KEYWORDS: Illumination system, Illumination design, Illuminance, Glare, Uniformity, Electrical installation.

DESCRIPTION:

This document gets focus on the design of an electrical illumination system for the green rooftop of electrical engineering building. For this, it starts with gathering information of space physics data and a detailed review of the existing electrical installation, in order to establish the shape and connection point of the lighting system to the existing network and define the lighting requirements of the space. Next step, two illumination system design are proposed and developed, each one constituted for a type of luminaire and the quantity needed to illuminate every area defined on the terraces. The design is developed using the DIALux Evo software, results are presented and through a comparative analysis, the recommended proposal is selected to execute the project. To complement the illumination design system, it proposed the final electrical design. At the end of final section, there is the description with detail specifications and general techniques, where it presents technics requirements of products and the quantity of a minimum resources to build every element of this project. Finally, the budget needed to execute this project is conform by three generals units and the "APU's" corresponding to each one.

As plus information, there is the normative referent applied at this project, a guide of the software to outside designs and the mainly characteristics of building green rooftop.

³ Degree Paper.

⁴ Faculty of Physics and Mechanical Engineering. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director Dr. GERMAN ALFONSO OSMA PINTO. Codirector Dr. OSCAR ARNULFO QUIROGA QUIROGA.

INTRODUCCION

El constante crecimiento de la demanda y la dependencia energética de los procesos cotidianos induce al uso e implementación de tecnologías basadas en criterios de sostenibilidad y uso racional de la energía. Los sistemas eléctricos actuales, promueven a su vez, el uso de equipos eficientes y de bajo consumo energético.

Los sistemas de iluminación al constituir cerca del 20% del consumo energético mundial⁵, representan uno de los retos de mayor innovación e investigación en el escenario energético global, pues la iluminación adecuada de un espacio imprime aspectos de calidad al desarrollo cualquier tipo de actividad.

Este proyecto presenta el desarrollo de un diseño de sistema de iluminación para las terrazas verdes del Edificio de ingeniería eléctrica, como respuesta a la necesidad de adecuar y proveer las terrazas verdes de la edificación, con todas las herramientas necesarias para el aprovechamiento académico e investigativo del espacio.

Los capítulos 1 y 2 contienen el planteamiento de los objetivos del trabajo y marco conceptual necesario para el desarrollo del mismo.

El desarrollo del capítulo 3 y el capítulo 4 aborda la identificación del espacio, el planteamiento de las necesidades visuales, las fases de diseño del sistema de iluminación y una propuesta recomendada para la implementación del mismo.

Los capítulos siguientes incluyen los cálculos de la instalación, las especificaciones técnicas y el presupuesto necesario para la construcción e implementación del sistema de iluminación diseñado.

⁵Led, la luz que puede salvar al mundo. [En línea]. [fecha de consulta: 18 de febrero de 2018]. Disponible en: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/01/150102_iwonder_led_salvar_mundo_finde_dv .

Como información complementaria se adjuntan, planos, catálogos y los archivos completos de diseño de iluminación, obtenidos en el desarrollo de este documento.

El conjunto de información consignada en este documento, con la información complementaria adjuntada, conforman el sustento técnico y económico necesario para realizar la construcción del sistema de iluminación planteado.

1 GENERALIDADES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las terrazas verdes del Edificio de Ingeniería Eléctrica, desde su construcción, se han convertido en un espacio de investigación y formación académica para estudiantes de pregrado y posgrado sobre generación Fotovoltaica, techos verdes y tubos solares.

En la búsqueda de mejorar las condiciones de este espacio como un escenario fundamental para el desarrollo investigativo de la E3T, se reconoce la carencia de un sistema de iluminación en las terrazas verdes, lo que dificulta el trabajo y operación de equipos y la realización de visitas técnicas en horas durante las cuales no se cuente con iluminación natural suficiente. En consecuencia, este trabajo aborda el diseño de un sistema de iluminación para las terrazas verdes del Edificio de Ingeniería Eléctrica, con la finalidad de adecuar las terrazas para promover el aprovechamiento de los espacios allí dispuestos.

1.2 OBJETIVOS

El desarrollo de este trabajo tiene como objetivo general:

- Realizar el diseño de un sistema de iluminación eléctrico para las terrazas verdes del Edificio de Ingeniería Eléctrica, que permita mejorar las condiciones de tránsito y trabajo de las personas.

El cumplimiento del objetivo general del trabajo de grado comprende:

- Realizar una revisión de las condiciones físicas y eléctricas del espacio correspondiente a las terrazas verdes del edificio de ingeniería eléctrica y plantear las características del sistema de iluminación necesario.
- Realizar el diseño del sistema de iluminación (de tránsito e inspección) para las terrazas verdes del edificio de ingeniería eléctrica y su correspondiente instalación.
- Definir las especificaciones técnicas y el presupuesto necesario para la implementación del sistema de iluminación diseñado.

2 MARCO TEÓRICO

La fundamentación teórica presentada a continuación, incluye las definiciones y conceptos necesarios para la comprensión del desarrollo de cada sección de este documento. Adicionalmente se presenta en el ANEXO A, una breve descripción de los conceptos y las características más importantes de las terrazas verdes en edificaciones.

2.1 DEFINICIONES

A continuación, se presentan algunas definiciones importantes para la comprensión del desarrollo del presente trabajo de grado. Es importante resaltar que las definiciones aquí consignadas, son tomadas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, del año 2013, del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP, del año 2011 y de la Norma Técnica Colombiana - NTC 2050.

2.1.1 Sistema de iluminación: A continuación se presentan los conceptos más importantes.

Candela (cd): Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de 540×10^{12} Hz y en la cual la intensidad radiante en esa dirección es $1/683$ W por estereorradián.

Capacidad visual: Es la propiedad fisiológica del ojo humano para enfocar a los objetos a diferentes distancias, variando el espesor y por tanto la longitud focal del cristalino, por medio del músculo ciliar.

Curva isolux: Línea que une todos los puntos que tengan la misma iluminancia en el plano horizontal, para una altura de montaje de 1 m o 10 m y un flujo luminoso de 1,000 lm.

Densidad de flujo luminoso: Cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta última está iluminada de manera uniforme.

Depreciación lumínica: Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.

Deslumbramiento: Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo.

Diagrama polar: Gráfica que representa en coordenadas polares la distribución de las intensidades luminosas en planos definidos. Generalmente se representan los planos $C = 0^\circ - 180^\circ$, $C = 90^\circ - 270^\circ$ y plano de intensidad máxima.

Eficacia luminosa de una fuente: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).

Eficiencia de una luminaria: Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior.

Factor de uniformidad de iluminancia: Medida de la variación de la iluminancia sobre un plano dado, expresada mediante la relación entre la iluminancia mínima y la promedio.

Flujo luminoso (Φ): Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lúmen (lm).

Flujo útil: Flujo luminoso recibido sobre la superficie bajo consideración.

Fotometría: Medición de cantidades asociadas con la luz.

Nota: La fotometría puede ser visual cuando se usa el ojo para hacer una comparación, o física, cuando las mediciones se hacen mediante receptores físicos.

Fuente luminosa: Dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual

Iluminancia (E): Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

Iluminancia inicial (Einicial): Iluminancia promedio cuando la instalación es nueva.

Iluminancia promedio horizontal mantenida (Eprom): Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida

Iluminación: Acción o efecto de iluminar.

Índice de deslumbramiento unificado (UGR): Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 117.

Instalación de iluminación. Se consideran como instalaciones de iluminación los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilicen exclusivamente para la iluminación interior y exterior de un espacio.

Lúmen (lm): Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

Luminancia (L): En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m²). Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como la Ecuación (1):

$$L = \left(\frac{dI}{dA} \right) + \left(\frac{1}{\cos\phi} \right) \quad (1)$$

Luminaria: Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

Lux (lx): Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lúmen por metro cuadrado ($1 \text{ lx} = 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$).

2.1.2 Instalación Eléctrica: A continuación se presentan los conceptos más importantes.

Acometida: derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En Edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Alimentador: todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.

Canalización: canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras, con las funciones adicionales que permita este *código*. Hay canalizaciones, entre otras, de conductos de metal

rígido, de conductos rígidos no metálicos, de conductos metálicos intermedios, de conductos flexibles e impermeables, de tuberías metálicas flexibles, de conductos metálicos flexibles, de tuberías eléctricas no metálicas, de tuberías eléctricas metálicas, subterráneas, de hormigón en el suelo, de metal en el suelo, superficiales, de cables y de barras.

Capacidad de corriente: corriente máxima en amperios que puede transportar continuamente un conductor en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal de servicio.

Circuito ramal: conductores de un circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas.

Empalme: Conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: para este caso utilización de la energía eléctrica.

Interruptor automático (*Circuit Breaker*): dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de sus valores nominales.

Neutro: Conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora

Plano: Representación a escala de una superficie.

Salida: Punto en el sistema de alambrado de una instalación interna, donde se toma energía eléctrica para alimentar un aparato o equipo (también denominado punto de conexión común).

Sobrecorriente: corriente por encima de la corriente nominal de un equipo o de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Tablero de distribución: Conjunto de equipos de protección, barrajes y cableado que recibe las acometidas parciales y del cual derivan los circuitos ramales.

Tomacorriente: dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida.

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Un diseño adecuado de un sistema de iluminación inicia por identificar y caracterizar el lugar a iluminar, definir los requerimientos y criterios considerados para el diseño; esto con el fin de definir las necesidades visuales que demanden las actividades a desarrollar y plantear el entorno luminoso deseado. Debe garantizarse un comportamiento luminotécnico óptimo, bajo una distribución de luminarias estéticamente agradable.

2.2.1 Criterios de diseño de iluminación: A continuación se presentan los conceptos más importantes.

Entorno luminoso: Para una buena práctica de iluminación es esencial que, además de la luminancia requerida, se satisfagan otras necesidades cualitativas y cuantitativas.

Los requisitos de iluminación están determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas⁶:

⁶ ESPAÑOLA, NORMA. UNE-EN 12464-2 2016. *Iluminación de los lugares de trabajo-2*.p.7.

- Confort visual, donde los trabajadores tienen además una sensación de bienestar; de un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de productividad.
- Prestaciones visuales, en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
- Seguridad.

Distribución de luminancias: La distribución de luminancia en el campo de visión controla el nivel de adaptación de los ojos, que afecta a la visibilidad de la tarea⁷.

Es necesaria una distribución de la luminancia bien equilibrada para aumentar, la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la eficiencia de las funciones oculares. La distribución de luminancia en el campo de visión también afecta al confort visual. Deberían evitarse cambios bruscos de luminancia.

Medio ambiente visual e iluminación: El medio ambiente visual puede caracterizarse en torno a las actividades que se realizan en el espacio considerado. Es posible sintetizar esta caracterización cuando las actividades pueden agruparse y representarse mediante una tarea visual.

Los resultados alcanzados en la realización de una actividad dependen en parte de las condiciones y la capacidad para realizar la porción visual involucrada por la tarea. De esta manera, aspectos como las características visuales de la tarea, las características físicas visuales del observador y el ambiente visual y/o entorno

⁷ *Ibíd.*, p. 7.

luminoso del espacio, determinarán la facilidad con la que la tarea visual puede ser realizada⁸.

Iluminancia en el área de tarea: Los valores de iluminancias mantenidas en el área sobre la superficie de referencia, se presentan claramente en el Capítulo 5 de la Norma UNE-EN 12464-2 “*Iluminación de lugares de trabajo en exteriores*”. Dichos valores son válidos para condiciones visuales normales y tienen en cuenta los factores siguientes⁹:

- Los aspectos psicofisiológicos tales como el confort visual y el bienestar
- Los requisitos que demandan las tareas visuales
- La ergonomía visual
- La experiencia práctica
- Seguridad y economía

Iluminancia en áreas circundantes: La iluminancia de áreas circundantes debe estar relacionada con la iluminancia del área de tarea y debería proporcionar una distribución de luminancias bien equilibrada en el campo de visión¹⁰. Las grandes variaciones de luminancias alrededor de las áreas de tarea pueden conducir a tensiones y molestias visuales.

El área circundante debería ser una banda de al menos 2 metros alrededor del área de tarea dentro del campo visual.

⁸ SANDOVAL, José D. Iluminación De Espacios Exteriores Privados.p.3 – p.4.

⁹ *Ibíd.*, p. 8.

¹⁰ ESPAÑOLA, NORMA. UNE-EN 12464–2 2016. *Iluminación de los lugares de trabajo-2*.p.9

Los valores mínimos de iluminancia en áreas circundantes se encuentran contenidos en el *Apartado 4.3.3.* de la Norma UNE-EN 12464-2 *“Iluminación de lugares de trabajo en exteriores”*.

Uniformidad: El área de la tarea debe ser iluminada tan uniformemente como sea posible, ya que representa un aspecto de calidad del sistema de iluminación. Los valores mínimos de uniformidad no deben ser inferiores a los valores establecidos en el Capítulo 5 de la Norma UNE-EN 12464-2 *“Iluminación de lugares de trabajo en exteriores”*

El valor mínimo de uniformidad o grado medio de uniformidad **“U_o”** se calcula con la Ecuación 2¹¹:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} \quad (2)$$

Donde:

E_{min}: Iluminancia mínima dentro del área de tarea especificada (lux).

E_{prom}: Iluminancia promedio dentro del área de tarea especificada (lux).

Deslumbramiento: El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede experimentarse como deslumbramiento molesto o deslumbramiento perturbador. El deslumbramiento causado por la reflexión en superficies especulares es normalmente conocido como reflexiones de velo o deslumbramiento reflejado¹².

Es importante limitar el deslumbramiento a los usuarios para evitar errores, fatiga y accidentes.

¹¹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, COLOMBIA, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución No 180540 del 30 de marzo de 2010.

¹² ESPAÑOLA, NORMA. UNE-EN 12464–2 2016. *Iluminación de los lugares de trabajo-2*.p.10.

Índice de deslumbramiento: El deslumbramiento procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación exterior debe determinarse usando el método del Índice de Deslumbramiento (R_G , *Glare Rating*) de la CIE, basado en la Ecuación (3)¹³:

$$R_g = 27 + 24 \log_{10} \left(\frac{L_{vl}}{L_{ve}^{0,9}} \right) \quad (3)$$

Donde:

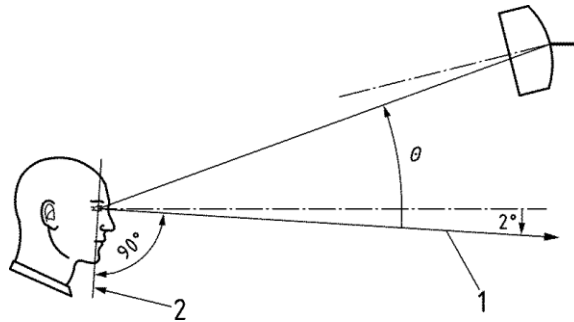
L_{vl} : es la luminancia de velo total en $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ causada por la instalación de iluminación y es la suma de las luminancias de velo producidas por cada luminaria individual ($L_{vl} = L_{v1} + L_{v2} + \dots + L_{vn}$). La luminancia de velo de cada una de las luminarias se calcula como $L_v = 10 \cdot (E_{ojo} \cdot \theta_2)$, donde E_{ojo} es la iluminancia en el ojo del observador en un plano perpendicular a la línea de visión (2° por debajo de la horizontal, véase la Figura 1) y θ_2 es el ángulo entre la línea de visión del observador y la dirección de la luz incidente emitida por cada la luminaria individual.

L_{ve} : es la luminancia de velo equivalente del entorno en $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$. A partir de la suposición de que la reflexión del entorno es totalmente difusa, la reflexión de velo equivalente procedente del entorno puede calcularse como:

$L_{ve} = 0,035 \cdot \rho \cdot E_{hav} \cdot \pi^{-1}$, donde ρ representa la reflectancia media y E_{hav} la iluminancia horizontal media o promedio del área. Si el valor de la reflectancia es desconocido, ρ debería tomarse como 0,15.

¹³ *Ibíd.*, p. 10.

Figura 1. El ángulo entre la línea de visión del observador y la dirección de la luz incidente.



1 línea de visión. - 2 Plano de E-ojo.

Tomado del Apartado 4.4.2 de la Norma UNE-EN 12464-2 “Iluminación de lugares de trabajo en exteriores”, pág. 11.

El valor de deslumbramiento máximo R_g sobre la superficie de referencia, no debe exceder los valores presentados en el Capítulo 5 de la Norma UNE-EN 12464-2 “Iluminación de lugares de trabajo en exteriores”.

Rendimiento de color: Un buen rendimiento de color mejora las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar. Los colores en el entorno y de los objetos deben ser reproducidos correctamente y, donde sea razonablemente posible, la piel humana debe ser reproducida de forma natural. Es posible un compromiso en este último punto con respecto a los lugares de trabajo en el exterior¹⁴.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento cromático de una fuente luminosa, se usa el índice de rendimiento de colores general R_a . El valor máximo de R_a es 100.

¹⁴ ESPAÑOLA, NORMA. UNE-EN 12464-2 2016. Iluminación de los lugares de trabajo-2.p.11.

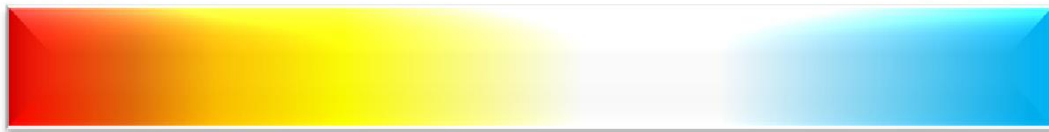
El valor mínimo de índice de rendimiento de color para distintos tipos de áreas exteriores, tareas o actividades se recoge las tablas del capítulo 5 de la norma UNE-EN 12464-2 “Iluminación de lugares de trabajo en exteriores”.

Los colores de seguridad de acuerdo con la Norma ISO 3864-1 deben ser reconocibles siempre como tales.

Temperatura de color: La temperatura del color en una luminaria es la temperatura absoluta de un cuerpo negro radiador que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz. Se mide en Kelvin (K)¹⁵. La temperatura de color se refiere a las distintas tonalidades que puede tener la luz. El espectro de temperatura de color varía desde tonalidades muy cálidas hasta tonalidades muy frías.

Figura 2. Espectro temperatura de color.

1.500K	2.700K	3.000K	4.000K	5.700K	8.500K
Amber	Very Warm	Warm	Neutral	Frio	Very Cold
<i>Ámbar</i>	<i>Muy Cálido</i>	<i>Cálido</i>	<i>Neutro</i>	<i>Cold</i>	<i>Muy Frio</i>

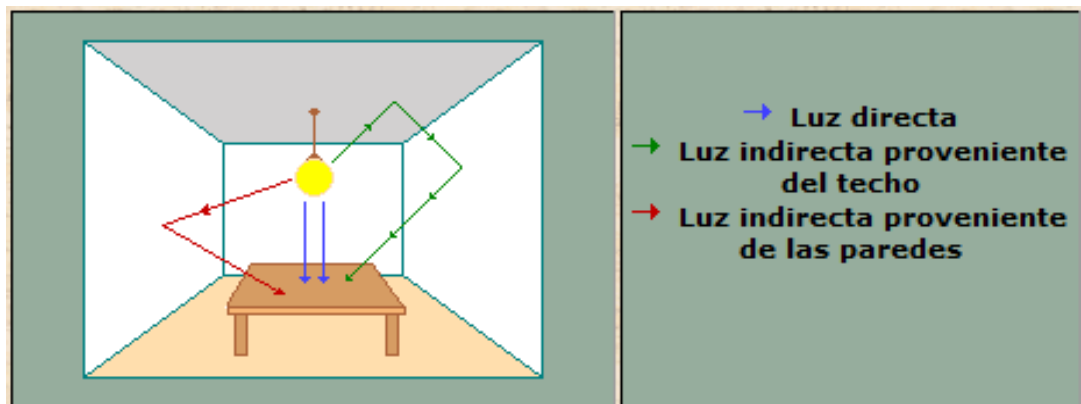


¹⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, COLOMBIA, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución No 180540 del 30 de marzo de 2010.

2.2.2 Cálculo de la iluminación: El cálculo de un sistema de iluminación se conforma de 2 partes generales. Inicialmente se debe identificar un método matemático adecuado, que permita, conocer los valores de iluminación en cada punto del área considerada. Seguidamente se debe incluir el factor de mantenimiento, considerando el factor de desgaste o depreciación del sistema dado por el tiempo de vida y el ambiente de funcionamiento.

Método del punto por punto: El método del punto por punto permite conocer los valores de iluminancia en puntos concretos. La iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente directa y otra indirecta o reflejada. Donde la directa es la producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y la indirecta es la procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies¹⁶. Para efectos del cálculo de iluminación en exteriores sobre superficies no reflectoras (áreas verdes y campos abiertos) no se consideran las componentes de luz indirecta.

Figura 3. Componentes de luz sobre una superficie.



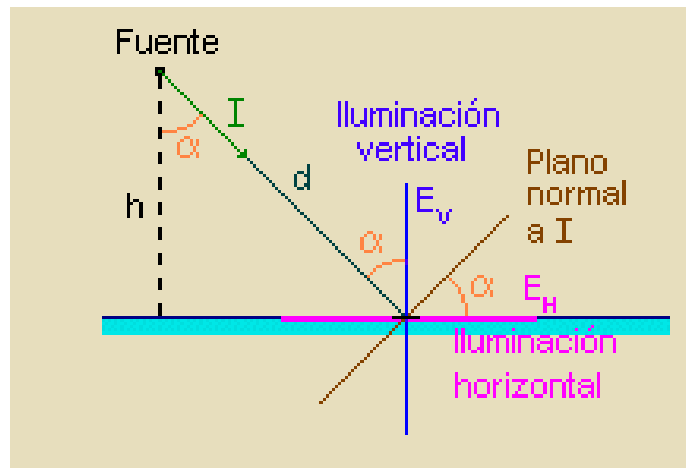
Tomado de, recurso [en línea] de Iluminación Exterior, Método punto por punto. Javier García Fernández. Universito Politècnica de Catalunya.

¹⁶ GARCIA FERNANDEZ, Javier. Iluminación Exterior. [En línea]. Recurso en línea. Universitat Politècnica de Catalunya. (Recuperado en 20 de noviembre de 2017). Disponible en <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/>

Para emplear el método del punto por punto es necesario conocer las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, su disposición sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo.

Para el cálculo de iluminancia se tiene que:

Figura 4. Iluminación en un punto.



Tomado de, recurso [en línea] de Iluminación Exterior, Método punto por punto. Javier García Fernández. Universito Politécnica de Catalunya.

- En el plano horizontal

$$E_H = \frac{I * \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (4)$$

- En el plano vertical

$$E_V = \frac{I * \cos^2 \alpha * \sin \alpha}{h^2} \quad (5)$$

Donde:

E_H : nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (Lux)

E_V : nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (Lux)

I : intensidad de flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente. Puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades que generalmente proporciona el fabricante de luminarias (en candelas)

α : ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la luminaria

h : altura del plano de trabajo a la lámpara (en m).

Para utilizar el método del punto por punto, es necesario, conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de éstas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos se calculan las iluminancias. Mientras más puntos calculen, más información se obtiene sobre la distribución de la luz¹⁷.

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i * \cos^3 \alpha_i}{h_i^2} \quad (6)$$

$$E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i * \cos^2 \alpha_i * \sin \alpha_i}{h_i^2} \quad (7)$$

Una vez calculado el nivel de iluminación en cada uno de los puntos seleccionados para el plano de trabajo, se debe validar que satisfaga con los valores mínimos de iluminación y uniformidad, especificados según el tipo de tarea a realizarse en cada área del lugar.

¹⁷ GARCIA FERNANDEZ, Javier. Iluminación Exterior. [En línea]. Recurso en línea. Universitat Politècnica de Catalunya. (Recuperado en 20 de noviembre de 2017). Disponible en <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/>

Factor de mantenimiento: El factor de mantenimiento (MF) se define como la relación de luminancia / iluminancia producida por un sistema de iluminación después de cierto período a la luminancia / iluminancia producida por el sistema cuando es nueva. Este factor se calcula por medio de la ecuación (8)¹⁸:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \quad (8)$$

LLMF: Factor de mantenimiento del flujo de la lámpara

LSF: Factor de supervivencia de la lámpara

LMF: Factor de mantenimiento de la luminaria

RSMF: Factor de mantenimiento del lugar

El factor de mantenimiento de la luminaria LMF tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última.¹⁹

El factor de mantenimiento del espacio RSMF tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso como consecuencia del ensuciamiento de la zona perimetral al lugar. En este parámetro también influye el tamaño del local y el tipo de iluminación (de radiación directa hasta radiación indirecta).²⁰

El factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara LLMF tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso a consecuencia del envejecimiento de la lámpara.²¹

El factor de supervivencia de la lámpara LSF tiene en cuenta la diferencia entre la duración de vida de ciertas lámparas individuales con respecto a la vida media de

¹⁸ INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. CIE 154 2003. *The maintenance of outdoor lighting systems*. p.9.

¹⁹ Comercial Eléctrica del Llobregat. – CELL. ERCO Programa 2013 [archivo PDF]. Barcelona, España. Disponible en: <http://www.cell.es/uploads/2197d1cd5f582c2a82570f4c101fe126.pdf>

²⁰ *Ibíd.*, p.952.

²¹ *Ibíd.*, p.952.

todas las demás lámparas. En caso de reemplazo inmediato de una lámpara defectuosa, el factor de supervivencia de la lámpara será LSF=1. ²²

Debido a que las tablas presentadas en la norma CIE 154 del año 2003 para el cálculo de los factores incidentes en el factor de mantenimiento, no incluyen información para iluminarias de tecnología LED, el cálculo de estos factores se realiza considerando las tablas 1, 2 y 3, presentadas por la empresa española Comercial Eléctrica del Llobregat CELL.

Tabla 1. Factor de mantenimiento de la luminaria LMF.

Periodicidad de limpieza (a)		1				2				3			
		P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	D
A	Luminarias de radiación libre	0.96	0.93	0.89	0.83	0.93	0.89	0.84	0.78	0.91	0.85	0.79	0.73
B	Reflectores abiertos por arriba	0.95	0.90	0.86	0.83	0.92	0.84	0.80	0.75	0.89	0.79	0.74	0.68
C	Reflectores cerrados por arriba	0.94	0.89	0.81	0.75	0.94	0.80	0.69	0.59	0.87	0.74	0.61	0.52
D	Reflectores cerrados	0.94	0.88	0.82	0.77	0.91	0.83	0.77	0.71	0.89	0.79	0.73	0.65
E	Luminarias protegidas contra el polvo	0.96	0.94	0.90	0.86	0.93	0.91	0.86	0.81	0.92	0.90	0.84	0.79
F	Luminarias de radiación indirecta	0.93	0.86	0.81	0.74	0.88	0.77	0.66	0.57	0.85	0.70	0.55	0.45

Tomado de, recurso [en línea], ERCO Programa 2013 [archivo PDF]. Barcelona, España., p.952

Tabla 2. Factor de mantenimiento del espacio RSMF.

Periodicidad de limpieza (a)	1				2				3			
	P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	D
De radiación directa	0.96	0.92	0.87	0.81	0.96	0.92	0.87	0.81	0.96	0.92	0.87	0.81
De radiación directa/indirecta	0.94	0.89	0.80	0.69	0.93	0.88	0.79	0.69	0.93	0.88	0.79	0.69
De radiación indirecta	0.91	0.83	0.68	0.51	0.90	0.81	0.67	0.50	0.90	0.81	0.67	0.50

Tomado de, recurso [en línea], ERCO Programa 2013 [archivo PDF]. Barcelona, España., p.952

²² *Ibíd.*, p.952.

Clasificación del ensuciamiento del local:

P (*pure*): local muy limpio.

C (*clean*): local limpio.

N (*normal*): local con ensuciamiento normal.

D (*dirty*): local sucio.

Clasificación por tipo de luminaria:

A: Luminarias de radiación libre.

B: Reflectores abiertos por arriba.

C: Reflectores cerrados por arriba.

D: Reflectores cerrados.

E: Luminarias protegidas contra el polvo.

Tabla 3. Factor de mantenimiento del flujo luminoso de la lámpara LLMF.

Horas en servicio (h)	2000	4000	6000	8000	10000	12000	20000	30000	40000	50000
LED	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.87	0.82	0.77	0.72
Lámparas halógenas incandescentes / bajo voltaje	0.97	0.88	--	--	--	--	--	--	--	--
Lámparas de halogenuros metálicos	0.94	0.89	0.83	0.8	0.76	--	--	--	--	--
Lámparas de vapor de sodio de alta presión	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.94	--	--	--
Lámparas fluorescentes compactas	0.91	0.89	0.87	0.85	--	--	--	--	--	--
Lámparas fluorescentes	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.88			

Tomado de, recurso [en línea], ERCO Programa 2013 [archivo PDF]. Barcelona, España., p.952.

Iluminancia mantenida: La iluminancia mantenida corresponde a la luminancia que puede emitir el sistema de iluminación, una vez se consideran las condiciones ambientales del lugar y la operación del sistema cuando las luminarias están llegando al final de su vida útil. La iluminancia media mantenida, se relaciona con la

iluminancia media inicial (cuando el sistema de iluminación es nuevo) mediante el factor de mantenimiento.

$$Em_{mantenida} = Em_{inicial} * FM \quad (9)$$

El diseño de cualquier sistema de iluminación debe garantizar que la iluminancia media mantenida sea mayor a los valores mínimos establecidos por la normativa de referencia. Esto significa que, considerando la influencia del medio ambiente en el lugar, el desgaste físico y la depreciación del flujo de las luminarias, el sistema de iluminación ofrezca comodidad y seguridad para desarrollar las tareas visuales demandadas por el espacio, aun llegando al final de su vida útil.

2.2.3 Tecnología de iluminación LED: La posibilidad de obtener sistemas de iluminación integrales, caracterizados por ser estéticamente flexibles (cualquier aplicación), de bajo consumo energético, económicamente viable y duradero en el tiempo,²³ ha convertido a la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos mejor proyectados en el sector de la iluminación. Abonado a esto, el uso de esta tecnología ha presentado efectos ambientalmente positivos, contribuyendo directamente con la reducción de emisiones de CO₂ y demás gases de efecto invernadero²⁴. Se espera que para el año 2020 el 75% de iluminación está basada en tecnología LED²⁵.

Otro de los beneficios obtenidos del uso de iluminación LED se sustenta en el ahorro energético y el ahorro económico que este representa. El desarrollo de un proyecto basado en tecnología LED tiene un costo de inversión inicial alto en comparación a otros tipos de iluminación (otras tecnologías), pero, en compensación a éste, las

²³ CASTILLO, Diana. MEJIA, Idania. Tecnología LED: Revisión de aplicaciones como alternativa para entornos sostenibles. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Diciembre de 2010.p25-26.

²⁴ Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España., Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. [En línea]. [fecha de consulta: 20 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/id.663/mod.pags/mem.detalle>.

²⁵ SERRANO-TIERZ, Ana et al. Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. [Base de datos en línea]. Mayo de 2015. p. 231-239. (Recuperado el 28 feb. 2018) Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/45442/53687>>.

lámparas LED consumen hasta un 80% menos de energía eléctrica, lo que se traduce en un tiempo muy corto para la recuperación de la inversión. Adicionalmente, las luminarias LED se caracterizan por tener una vida útil de hasta 50.000 horas, presentar baja emisión de calor, tener una alta eficiencia y reproducción de color, permitiendo así, que, los procesos de mantenimiento sean sencillos y económicos²⁶.

2.3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El correcto diseño de una instalación eléctrica se relaciona directamente con la compatibilidad y la seguridad que esta otorga, tanto para los dispositivos y equipos instalados, como para el personal que haga uso de ella.

En busca de satisfacer la demanda energética del sistema de iluminación y de garantizar la confiabilidad eléctrica y seguridad de la instalación, se plantean los siguientes aspectos, necesarios para realizar un diseño adecuado de la instalación:

- Preservar la integridad física de los usuarios, garantizando una disposición práctica y segura de la instalación.
- Garantizar la compatibilidad electromagnética de la instalación con los equipos, que permita preservar el funcionamiento correcto de los equipos y de la instalación a lo largo de su vida útil.
- Establecer adecuadamente el tipo de cableado, aislamiento, calibre y protección, según las condiciones eléctricas, físicas y ambientales demandadas por la instalación.
- Facilidad de acceso a la instalación eléctrica para cada una de las aplicaciones establecidas en el lugar.

²⁶ CATALOGO ILUMAX PROYECTOR (REFLECTOR) LED TRIPODE.

- El diseño y cálculo de la instalación debe estar respaldado por el cumplimiento de los criterios normativos vigentes, tales como regulación de tensión, capacidad de corriente, temperatura de operación, etc.
- Permitir un acceso fácil y rápido para realizar el mantenimiento de las instalaciones cuando se requiera.
- Establecer estratégicamente la ubicación de los equipos asociados a la instalación.
- Conservar la armonía y las características estéticas del lugar.
- Establecer circuitos de reserva para ampliaciones del sistema o futuras aplicaciones.

2.3.1 Regulación de tensión en la red: El dimensionamiento de conductores y circuitos en instalaciones eléctricas implica la consideración de aspectos físicos y eléctricos del sistema para garantizar el funcionamiento adecuado de los mismos. Aspectos como la regulación o caída de tensión toman especial relevancia, debido a que valores de regulación elevados pueden provocar un funcionamiento incorrecto de las cargas instaladas en la cola de los circuitos.

Caída de tensión: La caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica del conductor al paso de corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre, la temperatura de operación del conductor y la configuración del circuito. Esta resistencia ocasiona una caída en la tensión y una disipación de energía en forma de calor.

En circuitos de corriente continua (c.c) la caída de tensión se determina por medio de la ecuación (10), conocida como la Ley de Ohm:

$$V = I * R \quad (10)$$

Donde:

V es la caída de tensión en Volts.

I es la corriente de carga que fluye por el conductor en Amperes.

R es la resistencia a c.c. del conductor por unidad de longitud en ohm.

Para circuitos de corriente alterna (c.a.) la caída de tensión depende de la corriente de carga, del factor de potencia y de la impedancia de los conductores.

Por lo tanto, la caída de tensión se expresa en la ecuación 11:

$$V = I * Z \quad (11)$$

Siendo **Z** la impedancia en ohm.

Impedancia eficaz: La Norma Técnica Colombiana NTC 2050 en la nota 2 de la Tabla 9 del capítulo 9, establece que “Multiplicando la corriente por la impedancia eficaz se obtiene un valor bastante aproximado de la caída de tensión entre fase y neutro”, adicionalmente define la impedancia eficaz como se muestra en la ecuación (12):

$$Z_{eff} = R \cos\varphi + X \sin\varphi \quad (12)$$

Donde:

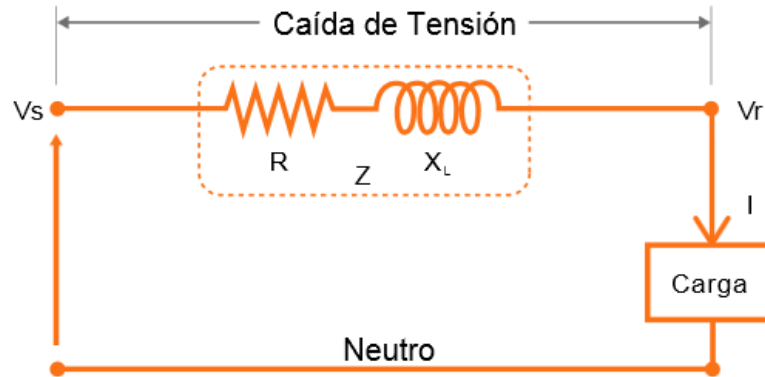
φ es el ángulo del factor de potencia del circuito.

R es la resistencia a corriente alterna del conductor en ohm.

X es la reactancia del conductor en ohm.

A continuación, se muestra una figura ilustrativa:

Figura 5. Modelo de circuito ramal-línea corta.



Tomado de Cálculo de Conductores, Presentación Instalaciones Eléctricas UIS.

Donde:

- I: Corriente de carga que fluye por el conductor
- Vs: Tensión de alimentación del circuito
- Vr: Tensión en la carga
- R: Resistencia en c.a. del conductor
- X: Reactancia inductiva del conductor.

La diferencia de tensión ($\delta V = V_s - V_r$) se calcula mediante las ecuaciones (13),(14) y (15):

- Para circuitos monofásicos:

$$\delta V_{fase-neutro} = Z_{eff} * 2 * L * I \quad (13)$$

- Para circuitos trifásicos:

$$\delta V_{fase-neutro} = Z_{eff} * L * I \quad (14)$$

$$\delta V_{fase-fase} = \sqrt{3} * \delta V_{fase-neutro} \quad (15)$$

Donde:

δV es la diferencia de tensión en volts [V]

L es la longitud del circuito en [km]

I es la corriente del circuito en [A]

Z_{eff} es la impedancia eficaz en [ohm/km].

La regulación de tensión o porcentaje de caída de tensión se define como:

$$\% \text{ Regulacion} = \left(\frac{V_s - V_r}{V_r} \right) * 100 \quad (16)$$

$$\% \text{ Regulacion} = \left(\frac{\delta V}{V_r} \right) * 100 \quad (17)$$

Reemplazando todas estas cantidades se verifica que el porcentaje de regulación está determinado por:

$$\delta \% = \left(\frac{R \cos \varphi + X \sin \varphi}{V} \right) * I * l * 100 \quad (18)$$

Ahora, si se multiplica y se divide por la tensión de línea del extremo receptor se tiene:

$$\delta \% = \left(\frac{R \cos \varphi + X \sin \varphi}{V^2} \right) * S * l * 100 \quad (19)$$

Lo que proporciona:

$$\delta \% = \frac{Kg * S * l * 100}{V^2} \quad (20)$$

Donde **S** es la potencia aparente en la carga dada en [kVA].

El valor de **Kg** (constante generalizada del conductor) puede ser interpretado como una resistencia aparente, que permite calcular la variación de tensión como si fuera una caída en corriente continua en un cable.

Los valores de Kg para las distintas secciones se calculan con base en distintos Cos ϕ y teniendo en cuenta el factor de corrección (Fs) de subestación, dados por la ESSA en su Numeral 3.1.12.9.3 y se muestran en el ANEXO B.

Se tiene la siguiente expresión para la regulación:

$$\delta \% = \frac{Kg * S * l * 100 * Fs}{V^2} \quad (21)$$

Donde:

Fs: Factor de corrección para transformadores y circuitos no trifásicos.

Los valores de Kg están especificados por la norma ESSA, en su Numeral 3.1.12.9.1 “Conductores al aire libre”, estos valores de la constante generalizada (Kg), para algunos conductores, a un factor de potencia determinado se ilustran en el ANEXO B.

Cuando los cables son cortos, la caída de tensión es pequeña, y no tiene mayor importancia; a medida que la longitud aumenta, la caída resulta mayor, y cuando ésta alcanza algún porcentaje, según la función que el cable desempeñe, resulta necesario dimensionarlo para limitar la caída.

La Norma ESSA, en su Numeral 2.1.4.2 “Porcentajes de regulación de Tensión”, especifica los valores recomendados para circuitos en baja tensión. Los valores se ilustran en el ANEXO B.

2.3.2 Selección de conductores: Uno de los aspectos más importantes del diseño de instalaciones eléctricas es la correcta selección de los conductores de todos los circuitos necesarios, pues de esto dependerá en gran medida la seguridad y fiabilidad de la instalación. La selección de los conductores de cada acometida debe obedecer a los aspectos de carga y operación definidos previamente para cada ramal de la instalación. De igual manera otros aspectos particulares como el número de conductores por canalización y la temperatura ambiente inciden directamente en la capacidad de transporte de corriente de cada conductor. La selección del conductor se debe hacer mediante la aplicación de las Tablas 310-16 a 310-19 de la NTC 2050. Para la selección del conductor se deben aplicar previamente los factores de agrupamiento y corrección por temperatura allí consignados.

Selección del conductor en circuitos ramales: La selección o cálculo del conductor para cada acometida o circuito ramal, se basa en validar el cumplimiento de los requisitos normativos de pérdidas de potencia, caída o regulación de tensión y capacidad de corriente que circulara por el conductor.

El paso inicial para la selección del conductor consiste en el cálculo de la corriente nominal de operación del circuito, teniendo en cuenta la carga instalada y/o la demanda máxima, como se presenta a continuación:

- Para la acometida monofásica, bifilar o trifilar se tiene la Ecuación (22):

$$I_n = \frac{D_{max}}{V_l} \quad (22)$$

- Para la acometida monofásica, fase-neutro se tiene la Ecuación (23):

$$I_n = \frac{D_{max}}{V_f} \quad (23)$$

- Para la acometida trifásica se tiene la Ecuación (24):

$$In = \frac{Dmax}{\sqrt{3} * Vl} \quad (24)$$

Donde:

Dmax: Demanda máxima del circuito ramal o acometida en W o VA

Vl: Tensión de línea V

Vf: Tensión de fase V

Seguidamente se deben considerar aspectos como el tamaño de la canalización y el número de conductores por canalización, así como la temperatura ambiente del lugar de operación del circuito y aplicar los factores de temperatura y agrupamiento presentes en las tablas 310-16 a 310-19 de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Ahora, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y en cumplimiento de lo establecido en la Sección 220-3, de la NTC 2050, se debe ajustar la capacidad de corriente de los conductores, la cual no debe ser inferior al 125% de la corriente nominal calculada. La capacidad de corriente del conductor estará determinada por la Ecuación (25):

$$I_{conductor} \geq 1,25 * \frac{In}{Ft * Fa} \quad (25)$$

Donde:

Ft. Factor de corrección por temperatura.

Fa: Factor de agrupamiento de número de conductores por canalización.

Ahora, se debe seleccionar el calibre del conductor que cumpla con la capacidad de corriente calculada, utilizando las tablas 310-16 a 310-19 de la Norma NTC 2050.

Una vez seleccionado el calibre del conductor, se debe validar el cumplimiento de caída o regulación de tensión permisible. Para el calibre previamente calculado, se selecciona la constante de regulación (Kg) presentada en la Tabla 3.25 de la Norma ESSA y se calcula la caída de tensión mediante la ecuación (26):

$$\delta \% = \frac{S * l * Fs}{Kg} \quad (26)$$

Finalmente, se valida el cumplimiento del requisito de regulación mediante la Ecuación (27):

$$\delta \%_{conductor} \leq \delta \%_{permisible} \quad (27)$$

3 CONDICIONES FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LAS TERRAZAS VERDES

La información y descripción de los aspectos y características más importantes de las terrazas verdes, se presenta a continuación, con el fin de plantear de forma clara los requerimientos de iluminación del espacio.

3.1 IDENTIFICACIÓN FÍSICA DEL LUGAR

Las terrazas verdes del Edificio de Ingeniería Eléctrica son un espacio de investigación y formación para estudiantes e investigadores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones – E3T, de la UIS. Estas terrazas se encuentran ubicadas en el quinto y sexto piso de la edificación. Presentan un clima templado – seco, con un promedio de lluvia total anual de 1303 mm, una temperatura media anual de 22,6°C y una temperatura máxima (promedio anual) de 28°C.²⁷

Las terrazas verdes del quinto y sexto piso están constituidas como espacio de investigación y desarrollo en el área de generación fotovoltaica y tubos solares con aislamiento térmico. Por tanto, se encuentran construidas de manera estratégica para favorecer las labores de investigación y mantenimiento de los equipos allí dispuestos.

Las terrazas están conformadas principalmente de vegetación, cuentan con un sedero peatonal a lo largo del perímetro de cada terraza y con algunos cruces perpendiculares a su trayecto.

En la terraza del sexto piso se encuentran ubicados dos unidades de paneles FV, 18 paneles por cada uno, los tubos solares que conforman un sistema híbrido de iluminación para las oficinas del quinto piso y los condensadores de los aires

²⁷ IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. p. 38

acondicionados de los pisos 4 y 5. De igual manera, en la terraza del quinto piso se encuentra un seguidor solar de 2 grados libertad y los tubos solares que proporcionan iluminación natural a las aulas IE401 e IE405 del Piso 4.

Figura 6. Terraza del quinto piso.



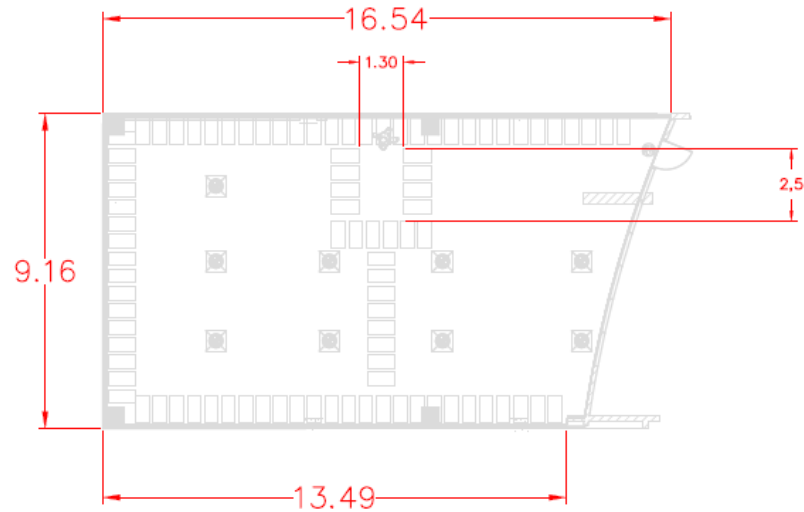
Figura 7. Terraza del sexto piso.



Cada unidad de paneles FV ocupa un área aproximadamente de 7 metros de largo por 5 metros de ancho, una altura máxima de 2,10 metros y una altura mínima de 0,8 metros.

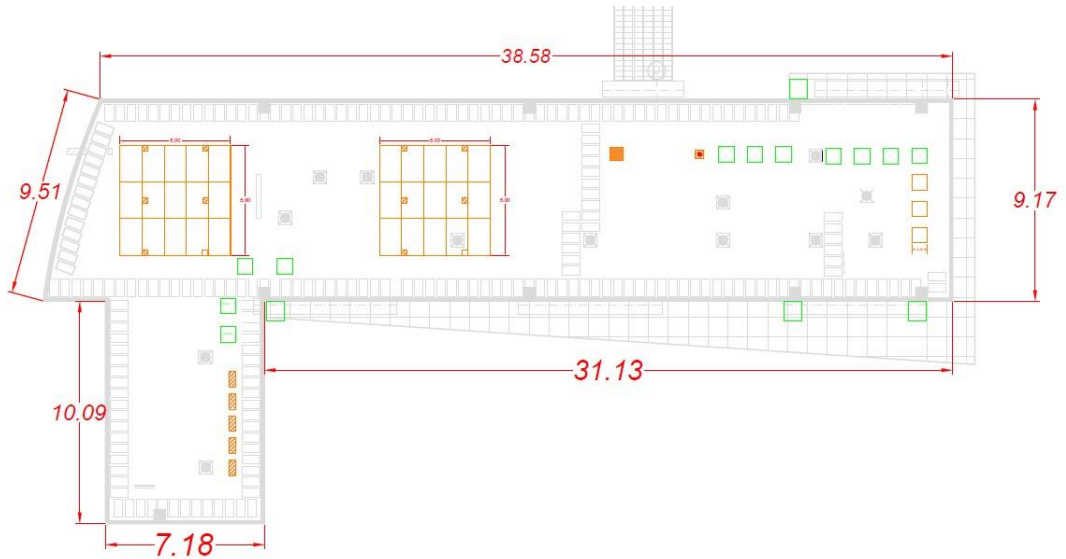
Las dimensiones de las terrazas medidas en metros se muestran en las figuras 8 y 9.

Figura 8. Plano -Terraza verde del quinto piso.



Tomado de planos del Edificio de Ingeniería Eléctrica.

Figura 9. Plano -Terraza verde del sexto piso.



Tomado de planos del Edificio de Ingeniería Eléctrica.

Para facilitar el estudio de iluminación, teniendo en cuenta que la iluminancia requerida varía dependiendo de la actividad a realizar, las terrazas se dividieron en

diferentes zonas, permitiendo así caracterizar individualmente cada área y garantizar la mayor eficiencia y distribución lumínica en las terrazas.

La terraza del quinto piso tiene una zona de trabajo con un área de 3,25 m², una zona de tránsito y tres zonas verdes, mientras que la terraza del sexto piso tiene dos áreas de trabajo, cada una de 25 m², una zona de tránsito y dos zonas verdes.

Figura 10. Áreas de la terraza del quinto piso.



Figura 11. Áreas de la terraza del sexto piso.



3.2 IDENTIFICACIÓN ELÉCTRICA DEL LUGAR

Las terrazas del Edificio de Ingeniería Eléctrica están conformadas principalmente por las acometidas del sistema de paneles FV, los circuitos que controlan este sistema y las puntas captadoras que se encuentran a lo largo del perímetro de las terrazas. A demás, en la terraza del sexto piso se encuentran ubicados 4 tableros de distribución, 2 de estos a disposición del sistema de paneles FV y los 2 restantes, para los condensadores de los aires acondicionados. En el cuarto técnico del quinto piso se encuentran tres tableros de distribución a disposición de los circuitos del quinto piso de luces, tomacorrientes, aires acondicionados, controladores, entre otros.

Luego de la inspección a los tableros de las terrazas, se determinó que para las protecciones de los circuitos del nuevo sistema de iluminación se hace necesario un nuevo tablero de distribución. Mientras que para la conexión de los circuitos que vienen de la terraza del quinto piso y la acometida que viene del tablero de del sexto piso (para la iluminación) se va a utilizar el tablero de tomacorrientes normales del cuarto técnico del quinto piso, identificado como TN5.

Figura 12. Tablero 1 de la terraza del sexto piso.



Figura 13. Tablero 2 de la terraza del sexto piso.



Figura 14. Tableros del cuarto técnico del quinto piso.



3.3 REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN

El desempeño visual de un espacio depende directamente del entorno luminoso al que se esté expuesto. Un entorno luminoso adecuado se fundamenta en evitar cambios bruscos de iluminación, proporcionando una distribución balanceada de la iluminación dentro del campo visual. El grado de seguridad y confort con el que se ejecuta un trabajo o tarea depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación. Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, sino aquel que tiene la cantidad de luz adecuada a la actividad que allí se realiza.²⁸

El uso adecuado y el aprovechamiento académico e investigativo de las terrazas verdes, comprende la realización de diferentes tareas visuales. Según el tipo de actividad y la zona donde se ejecuten, deben garantizarse niveles de iluminación adecuados, que permitan al personal tener la agudeza visual necesaria para llevar a cabo labores de investigación y mantenimiento de manera efectiva, principalmente en horas de baja iluminación natural.

Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada en todo el espacio de las terrazas verdes, y teniendo en cuenta lo mencionado, la división por zonas de las terrazas es la siguiente:

El área total de las terrazas verdes se divide en 3 zonas:

- Zona 1: Área de tránsito o senderos peatonales.
- Zona 2: Áreas de paneles o áreas de trabajo.
- Zona 3: Áreas verdes.

Las zonas pueden visualizarse de manera detallada en las figuras 10 y 11.

²⁸ ANONIMO. Niveles recomendados de iluminación por zonas. [En línea]. Recurso en línea. LEDBOX. (Recuperado en 28 de noviembre de 2017). Disponible en <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>.

La Zona 1 o área de tránsito, está conformada por todos los senderos distribuidos en las terrazas, estratégicamente contruidos para acceder fácilmente a labores de revisión o mantenimiento y de manera general, permitir la realización de visitas técnicas. Los requisitos de iluminación establecidos para esta zona corresponden a los establecidos en el *Numeral 5.11.1 de la Tabla 5.3 de la Norma UNE-EN 12464-2 "Iluminación de lugares de trabajo en exteriores"*, presente en el ANEXO C.

De lo anterior, se tiene que los requisitos de iluminación para la Zona 1 son:

- Iluminancia media mínima: $E_m = 5 [lx]$
- Índice de deslumbramiento máximo: $R_{gl} = 50$
- Uniformidad mínima: $U_o = 0,25$
- Rendimiento de color: $R_a = 20$

La Zona 2 o áreas de paneles FV, está conformada por el área inferior a cada uno de los bloques de paneles fotovoltaicos, esta área puede considerarse como el espacio más importante para el sistema de iluminación, debido a que esta área demanda disponer de iluminación adecuada para realizar labores y revisiones técnicas en todos los equipos y dispositivos asociados al sistema fotovoltaico allí presente.

Los requisitos de iluminación establecidos para esta zona corresponden a los establecidos en el *Numeral 5.11.4 de la Tabla 5.3 de la Norma UNE-EN 12464-2 "Iluminación de lugares de trabajo en exteriores"*, presente en el ANEXO C.

De lo anterior, se tiene que los requisitos de iluminación para la Zona 2 son:

- Iluminancia media mínima: $E_m = 100 lx$
- Índice de deslumbramiento máximo: $R_{gl} = 50$
- Uniformidad mínima: $U_o = 0,40$

La Zona 3 o áreas verdes de las terrazas, está conformada por las áreas restantes a las delimitadas previamente para la Zona 1 y Zona 2. Estas áreas se caracterizan por no demandar un tipo de iluminación funcional (como se plantea para las zonas 1 y 2). Por el contrario, la función principal de iluminación planteada para este escenario es resaltar estéticamente la vegetación de la terraza.

Debido a que la iluminación planteada para esta zona obedece a un criterio más estético que funcional y, además, las terrazas se encuentran en un espacio de acceso restringido y de carácter privado, no se aplican requerimientos mínimos de iluminación. Por tanto, el único criterio de iluminación para esta zona consiste en garantizar una distribución de iluminación balanceada.

En general, los requisitos de iluminación para las terrazas verdes se presentan de manera ordenada en la Tabla 4:

Tabla 4. Requisitos de Iluminación para las terrazas.

Zona o Tipo de área	Descripción	Em [lx]	Uo	Rgl
Zona 1	Senderos peatonales	5	0.25	50
Zona 2	Áreas paneles FV	100	0.4	50
Zona 3	Áreas verdes	-	-	-

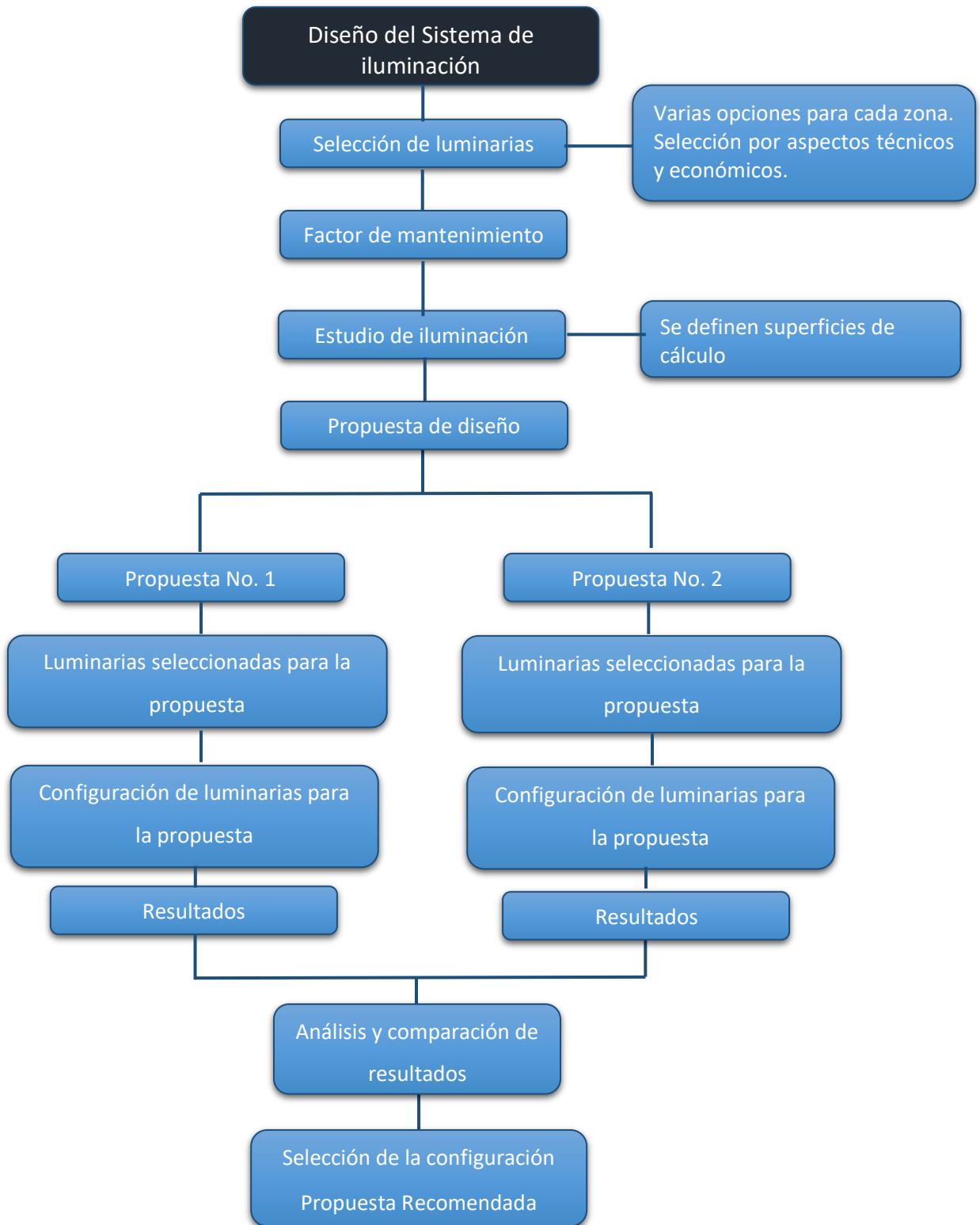
4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

El desarrollo de este capítulo presenta, el proceso de diseño del sistema de iluminación. Inicialmente se realiza la selección de las luminarias, considerando diferentes opciones presentes en el mercado local. Seguidamente, se define y se calcula el factor de mantenimiento de la instalación, considerando el tipo de operación y los factores ambientales del espacio. Luego, se abre el estudio de iluminación, definiendo las superficies de cálculo o áreas donde se evalúan las variables luminotécnicas del sistema. Este estudio incluye, 2 propuestas de sistema de iluminación, cada una con una configuración de luminarias propia.

Finalmente, se realiza la comparación de los resultados obtenidos para cada propuesta y se establece la propuesta recomendada para la implementación del sistema.

Teniendo en cuenta las fases y consideraciones descritas anteriormente, se presenta en la Figura 15, la metodología empleada para el desarrollo del diseño del sistema de iluminación.

Figura 15. Metodología de desarrollo del diseño.



4.1 SELECCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y FUENTES LUMINOSAS

Para la selección de las luminarias a emplearse en el diseño del sistema de iluminación, se realizaron las siguientes consideraciones:

Inicialmente, considerando las labores de cultivo y cuidado de las diferentes especies que conforman la capa vegetal de las terrazas, se plantea que las instalaciones eléctricas asociadas al sistema de iluminación deben inferir en el menor grado posible al interior de las terrazas. Por tanto, la cantidad de luminarias que se ubiquen al interior de las terrazas debe ser la menor posible.

Luego de una revisión detallada de las terrazas, se evidencia la dificultad de instalar luminarias tipo bolardo para la iluminación de los senderos, debido a que para instalarse requieren de soportes nivelados y pesados que permitan fijar de manera estable cada luminaria. Esto implica un costo adicional por luminaria asociado al soporte y una mayor área ocupada al interior de las terrazas. Además, se puede afectar de manera negativa la estética del espacio por la cantidad de luminarias que son necesarias (cerca de 50 para las dos terrazas). Por esto, se decide que, la iluminación de los senderos será suministrada por luminarias sobrepuestas y fijadas sobre el muro perimetral de las terrazas, evitando daños que se pueden ocasionar por la intervención excesiva del muro.

Teniendo en cuenta que para la iluminación de las áreas verdes no se establecen requisitos particulares de iluminación, y siguiendo la tendencia de iluminación de estos espacios, se define que para la iluminación de estas áreas deben usarse entre 4 y 6 luminarias tipo bolardo (según la potencia-luminancia) para la terraza del sexto piso y 2 o 3 luminarias del mismo tipo para la terraza del quinto piso. Esto enfocado en dar una mejora al aspecto estético de las terrazas en horas de baja iluminación natural.

Considerando que las áreas de trabajo de las 2 terrazas demandan el uso de iluminación funcional y enfocada, se hace indispensable el uso de reflectores LED,

debido a la facilidad de mover y ajustar su posición para concentrar mejores niveles de iluminación donde se requiera, según la actividad a realizarse.

4.1.1 Luminarias Preseleccionadas: Se presentan a continuación las luminarias preseleccionadas para la iluminación de las diferentes zonas o áreas de las terrazas verdes, con base en las consideraciones anteriores y luego de identificar en el mercado local y nacional, las marcas y los fabricantes con mayor reconocimiento y a su vez, los productos de mayor uso (tendencia) en este tipo de diseños. La hoja de datos y catálogo de cada luminaria se encuentran en el archivo (digital) adjunto a este documento **“Hojas de Datos de las Luminarias”**.

Tabla 5. Luminaria LED TORTUGA 5.5W para área de senderos.


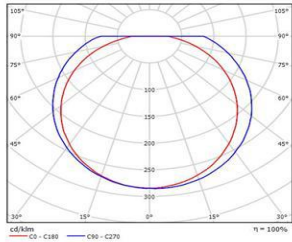
DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	6000K DL	
Flujo luminoso	400 lm	
Vida útil	20000 h L70	
Eficacia	73 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 65	
Dimensiones (LxWxH)	212x118x66mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	5.5W	
Tensión de operación	100-240V	

Tabla 6. Luminaria LED TORTUGA 10W para área de senderos.

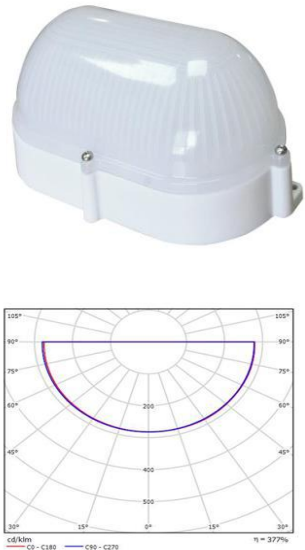
DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	4000K DL	
Flujo luminoso	720 lm	
Vida útil	20000 h L70	
Eficacia	72 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 65	
Dimensiones (LxWxH)	212x118x66mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	10W	
Tensión de operación	100-240V	

Tabla 7. Luminaria TWEETER X W para área de senderos.


DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	3000K	
Flujo luminoso	439 lm	
Vida útil	30000 h	
Eficacia	54 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 65	
Dimensiones (LxWxH)	424x117x95 mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	8W	
Tensión de operación	120-240V	

Tabla 8. Luminaria LED JETA 20W para área de paneles FV.

DATOS ÓPTICOS	
Temperatura de color	6500K
Flujo luminoso	1500 lm
Vida útil	50000 h L70
Eficacia	75 lm/W
DATOS FÍSICOS	
Grado de protección	IP 65
Dimensiones (LxWxH)	177x174x46mm
DATOS ELÉCTRICOS	
Potencia de entrada	20W
Tensión de operación	85-265V




Tabla 9. Luminaria LED JETA 30W para área de paneles FV.

DATOS ÓPTICOS	
Temperatura de color	6500K
Flujo luminoso	2250 lm
Vida útil	50000 h L70
Eficacia	75 lm/W
DATOS FÍSICOS	
Grado de protección	IP 65
Dimensiones (LxWxH)	220x220x52mm
DATOS ELÉCTRICOS	
Potencia de entrada	30W
Tensión de operación	85-265V




Tabla 10. Luminaria LED JETA 50W para área de paneles FV.

DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	6500K DL	
Flujo luminoso	3750 lm	
Vida útil	50000 h L70	
Eficacia	75 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 65	
Dimensiones (LxWxH)	282x282x75mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	50W	
Tensión de operación	85-265V	

Tabla 11. Luminaria PUMA D-63 para zonas verdes.

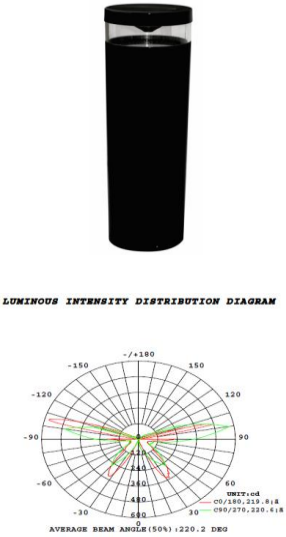
DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	3000K DL	
Flujo luminoso	1200 lm	
Vida útil	50000 h L70	
Eficacia	60 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 54	
Dimensiones (DxH)	φ 282x1000 mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	20W	
Tensión de operación	120-277V	

Tabla 12. Luminaria D-69 OMEGA para zonas verdes.


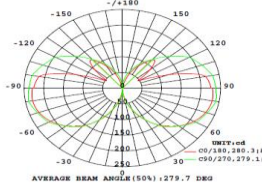

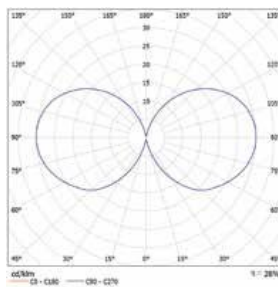
DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	3000K DL	
Flujo luminoso	2x2000 lm	
Vida útil	20000 h L70	
Eficacia	60 lm/W	
DATOS FÍSICOS		<p style="text-align: center;">LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION DIAGRAM</p> 
Grado de protección	IP 54	
Dimensiones (DxH)	φ 154x900 mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	2x24W	
Tensión de operación	120-277V	

Tabla 13. Luminaria LED deco bolardo 10W para Zonas Verdes.

DATOS ÓPTICOS		
Temperatura de color	3000K	
Flujo luminoso	450 lm	
Vida útil	30000 h	
Eficacia	45 lm/W	
DATOS FÍSICOS		
Grado de protección	IP 44	
Dimensiones (LxWxH)	900x180x100 mm	
DATOS ELÉCTRICOS		
Potencia de entrada	10W	
Tensión de operación	100-240V	

4.1.2 Selección de luminarias para cada zona: Las características principales de las luminarias consideradas para cada zona se relacionan en las tablas 14, 15 y 16:

Tabla 14. Luminarias para Zonas Verdes.

Datos	Luminaria PUMA D-63	Luminaria D-69 OMEGA	LED DECO BOLARDO 10W WW MV
Temperatura de color	3000K DL	3000K DL	3000K
Flujo luminoso	1200 lm	2x2000 lm	450 lm
Potencia de entrada	20W	2x24W	10W
Eficacia	60 lm/W	60 lm/W	45 lm/W
Grado de protección	IP 54	IP65	IP45
Precio	\$ 238.700	\$ 463.168	\$ 236.364

Tabla 15. Luminarias para Área de Trabajo.

Datos	Luminaria LED JETA 20W	Luminaria LED JETA 30W	Luminaria LED JETA 50W
Temperatura de color	6500k	6500k	6500k
Flujo luminoso	1500 lm	2250 lm	3750 lm
Potencia de entrada	20W	30W	50W
Eficacia	75 lm/W	75 lm/W	75 lm/W
Grado de protección	IP65	IP65	IP65
Precio	\$ 39.269	\$ 45.314	\$ 64.959

Tabla 16. Luminarias para Área de Senderos.

Datos	Empotrable LED Pared Hércules	Luminaria LED TORTUGA BULKHEAD 10W	LUMINARIA TWEETER X W	Luminaria LED TORTUGA BULKHEAD 5.5W
Temperatura de color	3000K DL	3000K DL	3000K	6000K DL
Flujo luminoso	720 lm	720 lm	703 lm	400 lm
Potencia de entrada	10W	10W	10W	5.5W
Eficacia	62 lm/W	72 lm/W	56 lm/W	73 lm/W
Grado de protección	IP44	IP65	IP54	IP65
Precio	\$ 61.452	\$26.071	\$ 132.300	\$ 21.009

Con base en la comparación expuesta en las tablas anteriores, se seleccionan las luminarias para cada zona, tomando los siguientes criterios:

Para las áreas verdes: Debido a que la cantidad estimada de luminarias supera las 50, se toma como criterio principal el precio de las mismas, y por tanto se define que las luminarias seleccionadas para estas áreas y correspondientes a cada propuesta son:

- Para Propuesta No.1: luminarias LED TORTUGA BULKHEAD 5.5W
- Para Propuesta No.2: luminarias LED TORTUGA BULKHEAD 10W

Para las áreas de trabajo: reconociendo la necesidad de obtener niveles de iluminación elevados para el correcto desempeño de las labores, se toma como criterio principal el flujo luminoso más alto, y por tanto se define que las luminarias seleccionadas para estas áreas y correspondientes a cada propuesta son:

- Para Propuesta No.1: luminarias LED REFL JETA ECO 20W DL y LED REFL JETA ECO 30W DL
- Para Propuesta No.2: luminarias LED REFL JETA ECO 30W DL y LED REFL JETA ECO 50W DL

Para las áreas verdes: Considerando la necesidad de disponer del menor número de luminarias al interior de la terraza, se seleccionan las luminarias de mayor flujo luminoso. Por tanto, se define que las luminarias seleccionadas para estas áreas y correspondientes a cada propuesta son:

- Para Propuesta No.1: luminarias PUMA D-63 SENDERA de 20W
- Para Propuesta No.2: luminarias D-69 OMEGA DE PISO 2x24W.

4.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

Para el cálculo de los factores necesarios para obtener el factor de mantenimiento se emplearon las tablas del Numeral 2.2.2.

Tabla 17. Valores para factor de mantenimiento

Periodicidad de limpieza (a)		1				2				3			
		P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	D
A	Luminarias de radiación libre	0.96	0.93	0.89	0.83	0.93	0.89	0.84	0.78	0.91	0.85	0.79	0.73
B	Reflectores abiertos por arriba	0.95	0.90	0.86	0.83	0.92	0.84	0.80	0.75	0.89	0.79	0.74	0.68
C	Reflectores cerrados por arriba	0.94	0.89	0.81	0.75	0.94	0.80	0.69	0.59	0.87	0.74	0.61	0.52
D	Reflectores cerrados	0.94	0.88	0.82	0.77	0.91	0.83	0.77	0.71	0.89	0.79	0.73	0.65
E	Luminarias protegidas contra el polvo	0.96	0.94	0.90	0.86	0.93	0.91	0.86	0.81	0.92	0.90	0.84	0.79
F	Luminarias de radiación indirecta	0.93	0.86	0.81	0.74	0.88	0.77	0.66	0.57	0.85	0.70	0.55	0.45

Las consideraciones para la obtención de los factores fueron las siguientes:

- Aunque las luminarias preseleccionadas tienen 50000 horas de vida útil, a excepción de la luminaria OMEGA, la vida útil asumida para el cálculo del factor de mantenimiento es de 20000 horas, que equivale a un uso de 4 horas al día (5p.m. - 9p.m.), 6 días a la semana (lunes-sábado) durante aproximadamente 16 años.
- Debido a que las terrazas verdes comprenden un espacio abierto y a la intemperie, las luminarias seleccionadas son de radiación directa.
- El espacio de las terrazas se consideró un local con ensuciamiento normal.
- Se debe realizar una limpieza anual (o más de una vez por año) de las luminarias.
- Para las áreas de senderos y zonas de trabajo y bajo el caso de que no se puedan posponer las actividades a realizar, se deben reemplazar de inmediato las luminarias que se dañen o estén en el final de su vida útil.

Tomadas las consideraciones anteriores, los factores de mantenimiento calculados para cada una de las luminarias son:

Tabla 18. Cálculo del factor de mantenimiento.

LUMINARIA	HORAS EN SERVICIO	IP	CLASIFICACIÓN		LMF	RSMF	LLMF	LSF	MF	
LED TORTUGA 5.5W DL BULKHEAD	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
LED TORTUGA 10W DL BULKHEAD	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
LED REFL JETA ECO 50W DL	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
LED REFL JETA ECO 30W DL	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
LED REFL JETA ECO 20W DL	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
PUMA D-63 SENDERA de 20W	20000	54	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68
D-69 OMEGA DE PISO 2x24W	20000	65	E	Radiación directa	N	0.9	0.87	0.87	1	0.68

4.3 ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TERRAZAS VERDES

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) indica que cualquier software empleado para el cálculo y diseño de sistemas de iluminación, debe ser validado mediante pruebas y mediciones realizadas por un organismo de inspección acreditado. Para la validación de los parámetros luminotécnicos del sistema de iluminación de las terrazas verdes de la edificación se empleó el software libre DIALux.

Para el diseño del sistema de iluminación mediante el software libre DIALux se consideraron varios aspectos. Inicialmente se identificaron las condiciones físicas y ambientales del lugar como se mencionó en el capítulo 3. Luego se construyó un modelo 3D del área física de las terrazas en el software DIALux (como se explica en el ANEXO D); seguidamente, se procedió a insertar las áreas y los planos útiles que delimitan las superficies de cálculo:

- La superficie de cálculo del área de senderos se ubicó en un plano paralelo al suelo y a 0.12 metros.
- La superficie de cálculo de las zonas verdes se ubicó en un plano paralelo al suelo y a 0.2 metros.
- La superficie de cálculo en el área de trabajo de la terraza del quinto piso se ubicó en un plano paralelo al suelo y se encuentra a una altura de 1 metro.
- La superficie de cálculo en el área de trabajo de la terraza del sexto piso se ubicó en un plano paralelo a la superficie inferior (trasera) de cada bloque de paneles FV, debido a que en dicha superficie se encuentran ubicados los dispositivos de control, funcionamiento y conexión de los paneles fotovoltaicos (allí se concentran las necesidades visuales del área).

Figura 16. Superficie de trabajo de la terraza del sexto piso.



Luego de creadas las áreas y superficies de cálculo, se insertaron las superficies de deslumbramiento en las áreas de trabajo a diferentes alturas. Para la zona de trabajo de la terraza del quinto piso se tomaron alturas de 1; 1.2 y 1.4 metros respecto el suelo, y para la terraza del sexto piso se tomaron alturas de 0.8; 1.2; 1.4 y 1.8 metros respecto al suelo de la terraza.

Con el fin de evitar un mayor deslumbramiento, no se deben insertar luminarias con un ángulo directo ni a la altura de la visual.

Figura 17. Superficie de deslumbramiento para la zona de trabajo de la terraza del quinto piso.

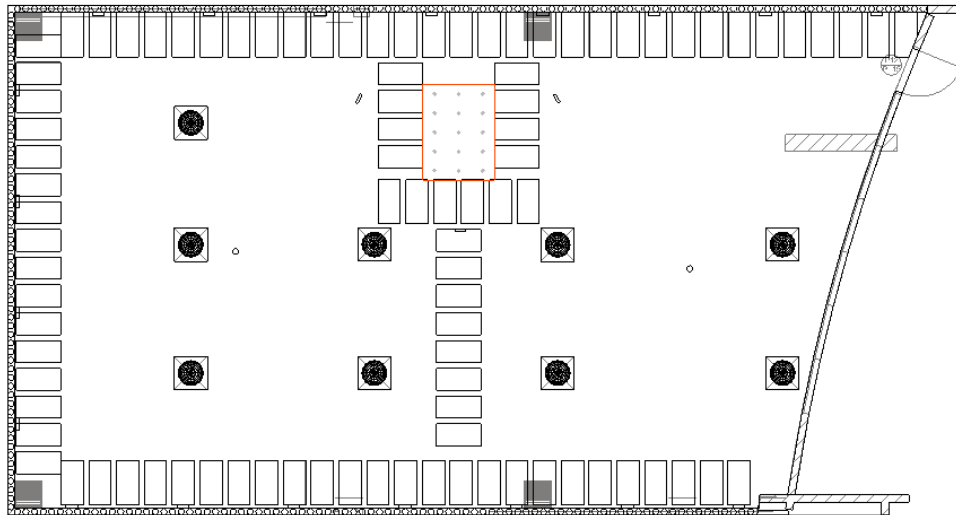
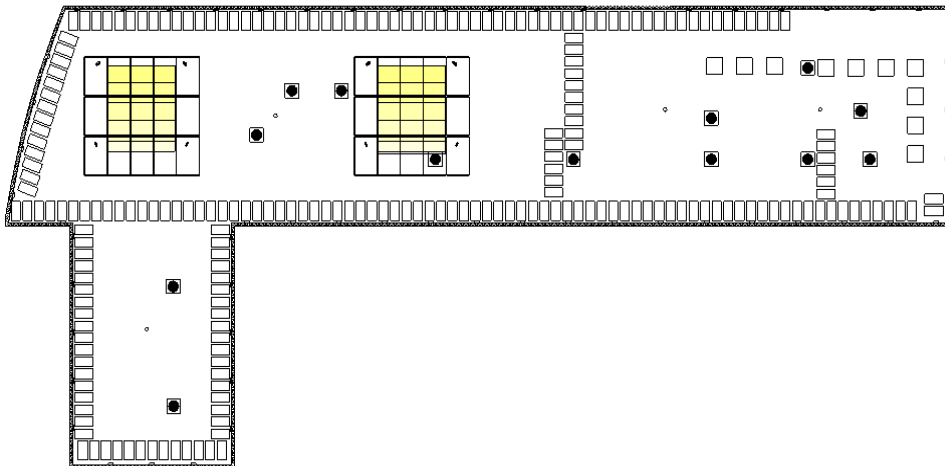


Figura 18. Superficies de deslumbramiento para la zona de trabajo de la terraza del sexto piso.



Luego de insertar las áreas, las superficies de cálculo y las superficies de deslumbramiento, se ubican las luminarias en diferentes ángulos y posiciones y se ejecutan simulaciones para hallar valores de iluminancia, uniformidad y deslumbramiento. Este proceso se realizó hasta obtener los valores acordes a lo exigido por la normativa de referencia, considerando el caso que brindará mayor eficiencia y comodidad visual.

Luego una selección previa de luminarias, atendiendo principalmente a criterios técnicos de funcionamiento, costos y facilidad de adquisición (en el mercado), **se presentan dos propuestas de diseño del sistema de iluminación**, objeto del presente trabajo de grado.

Los dos diseños propuestos a continuación, se caracterizan y diferencian entre sí por el uso de luminarias diferentes para las áreas verdes y del mismo tipo, pero, diferentes potencias, cantidades y distribución de las mismas, para las áreas de trabajo y áreas de tránsito.

4.3.1 Propuesta de diseño no. 1: se presenta la descripción de la propuesta para las terrazas.

Terraza del Quinto Piso: Las luminarias seleccionadas para la iluminación de la terraza del quinto piso se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Luminarias para la primera simulación de la terraza del Quinto Piso.

ÁREA O ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD
Transito	LED TORTUGA 5.5W DL BULKHEAD	19
Trabajo	LED REFL JETA ECO 20W DL	3
Verdes	PUMA D-63 SENDERA de 20W	2

La distribución de las luminarias en las terrazas verdes se realizó como se describe a continuación:

- Para el área de transito se ubicaron 19 luminarias distribuidas sobre el muro construido por todo el perímetro de la terraza, a una altura de 0.54 m desde el suelo y separadas 2.0 m entre sí.
- Para el área de trabajo se ubicaron 3 reflectores a una altura de 0.20 m (altura soporte) con una inclinación de 60° respecto al suelo.

- Por último, se ubicaron 2 luminarias para la zona verde.

La posición de cada luminaria se presenta en las figuras 19, 20 y 21.

Figura 19. Posición de las luminarias en el área de sendero del quinto piso.

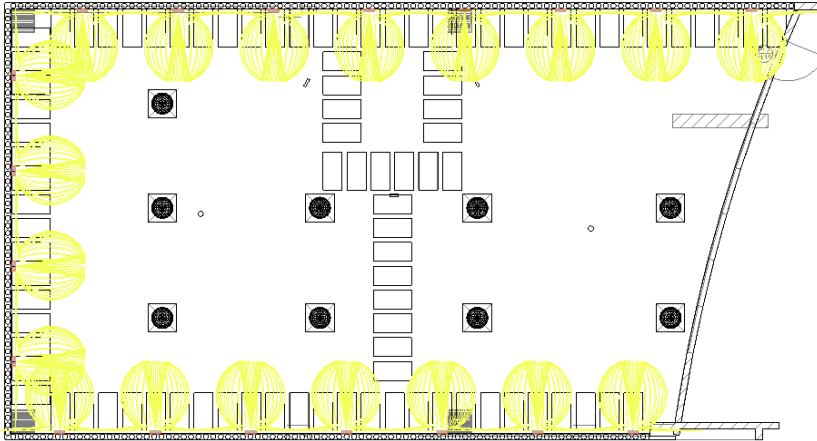


Figura 20. Posición de las luminarias en el área de trabajo del quinto piso.

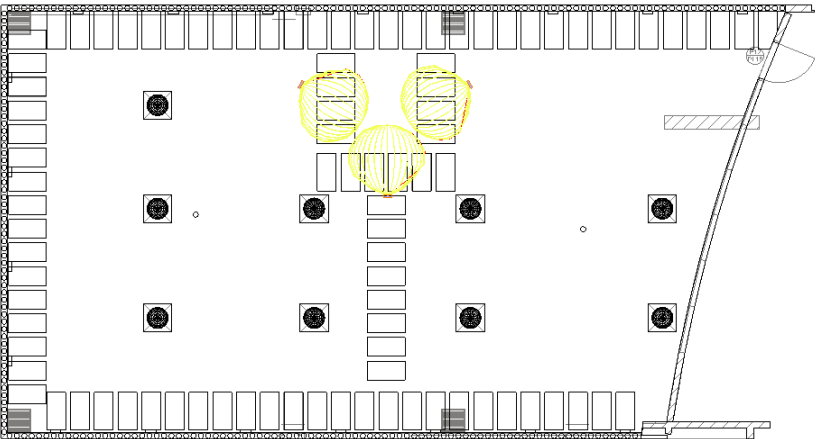
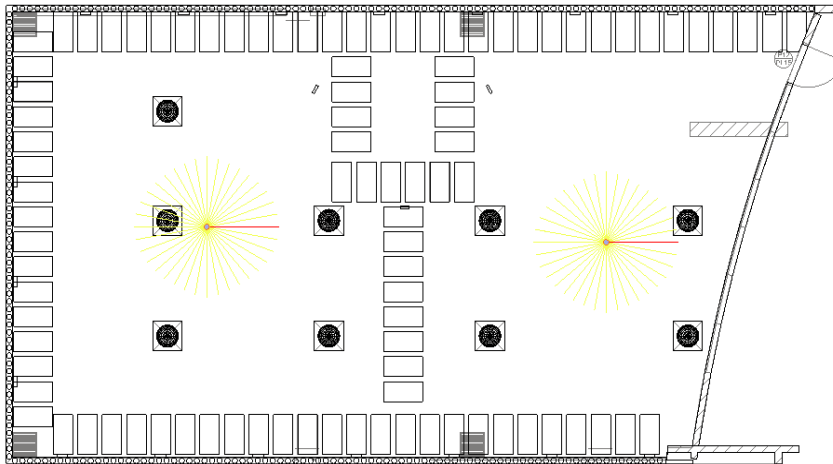


Figura 21. Posición de las luminarias en las zonas verdes del quinto piso.



Terraza del Sexto Piso: Las luminarias seleccionadas para el diseño de iluminación de esta terraza se presentan en la Tabla 20:

Tabla 20. Luminarias para la primera simulación de la terraza del Sexto Piso.

ÁREA O ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD
Sendero	LED TORTUGA 5.5W DL BULKHEAD	53
Trabajo	LED REFL JETA ECO 30W DL	8
Verdes	PUMA D-63 SENDERA de 20W	4

De igual forma, la distribución de las luminarias en la terraza del sexto piso es la siguiente:

- Para el área de tránsito se ubicaron 53 luminarias distribuidas sobre el muro construido por todo el perímetro de la terraza, a una altura de 0.54 m y separadas 2 m entre sí.
- Para el área de trabajo se ubicaron 4 reflectores por cada bloque de paneles FV, a una altura de 0.2 m (altura soporte) y distribuidos de la siguiente forma: 2 reflectores ubicados abajo de la parte de menor altura del bloque de

paneles, sin inclinación y 2 reflectores ubicados abajo de la parte más alta del panel FV, inclinados a 60°.

- Por último, para las zonas verdes se ubicaron las luminarias de la siguiente manera: Dos luminarias para la zona verde 2, y una luminaria para la zona verde 1 y 3.

La posición de cada luminaria está expuesta en las figuras 22, 23 y 24.

Figura 22. Posición de las luminarias en el área de senderos del sexto piso.

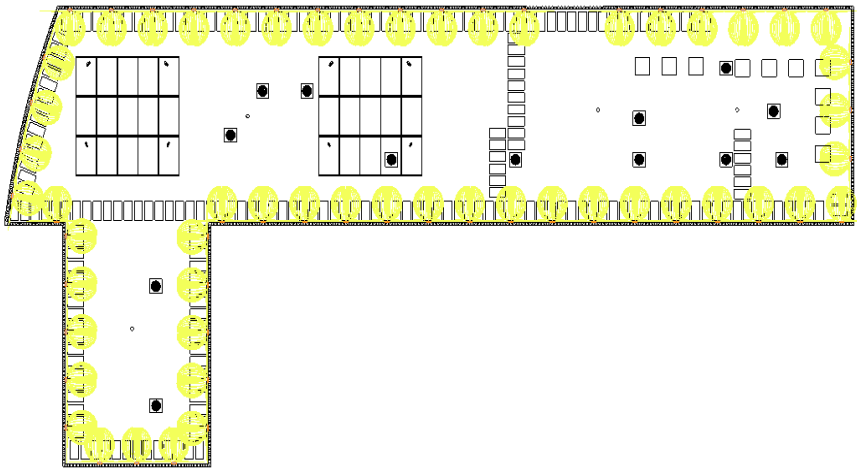


Figura 23. Posición de las luminarias en el área de trabajo del sexto piso.

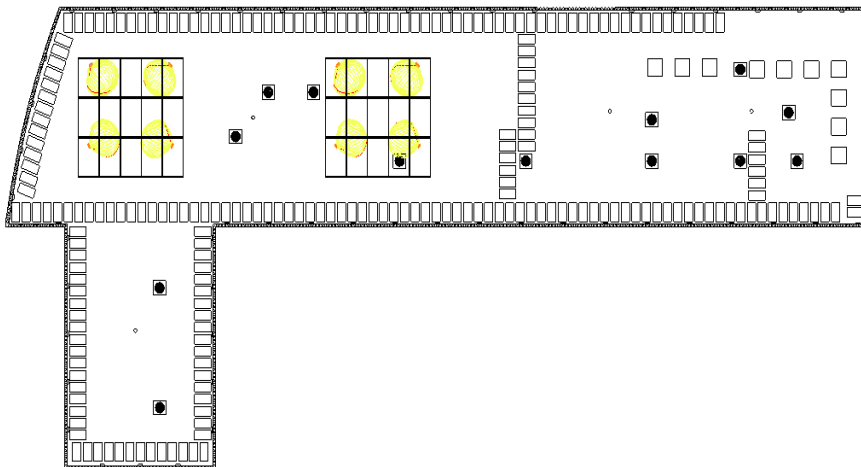
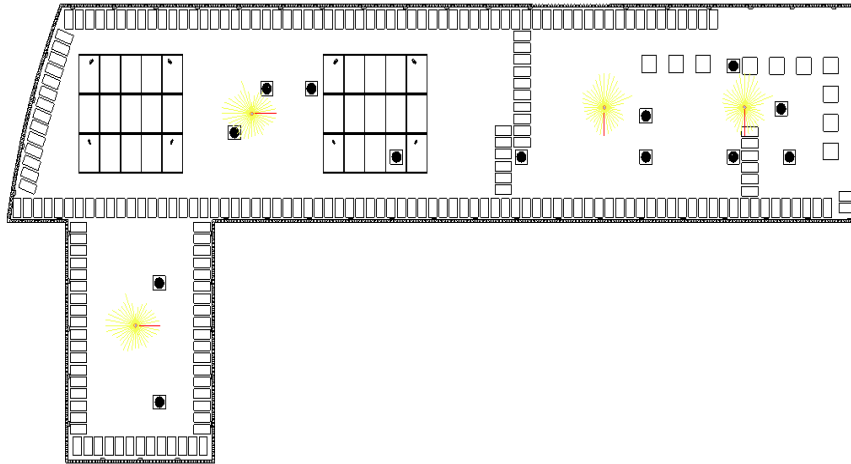


Figura 24. Posición de las luminarias en las zonas verdes del sexto piso.



4.3.2 Propuesta de diseño no. 2: se describe a continuación la configuración de esta propuesta para las terrazas.

Terraza del Quinto Piso: Las luminarias seleccionadas para la iluminación de esta terraza se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Luminarias para la segunda simulación de la terraza del quinto piso.

ÁREA O ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD
Sendero	LED TORTUGA 10W DL BULKHEAD	19
Trabajo	LED REFL JETA ECO 30W DL	2
Verdes	D-69 OMEGA DE PISO 2x24W.	2

- Para el área de tránsito se ubicaron 19 luminarias, distribuidas sobre el muro construido por todo el perímetro de la terraza, a una altura de 0.54 m desde el suelo y separadas 1.7 m entre sí.
- Para el área de trabajo se ubicaron 2 reflectores a una altura de 0.2 m (altura soporte) sin inclinación.

- Por último, se ubicaron 2 luminarias para la zona verde.

La posición de cada luminaria está expuesta en las figuras 25, 26 y 27.

Figura 25. Posición de las luminarias en el área de sendero del quinto piso.

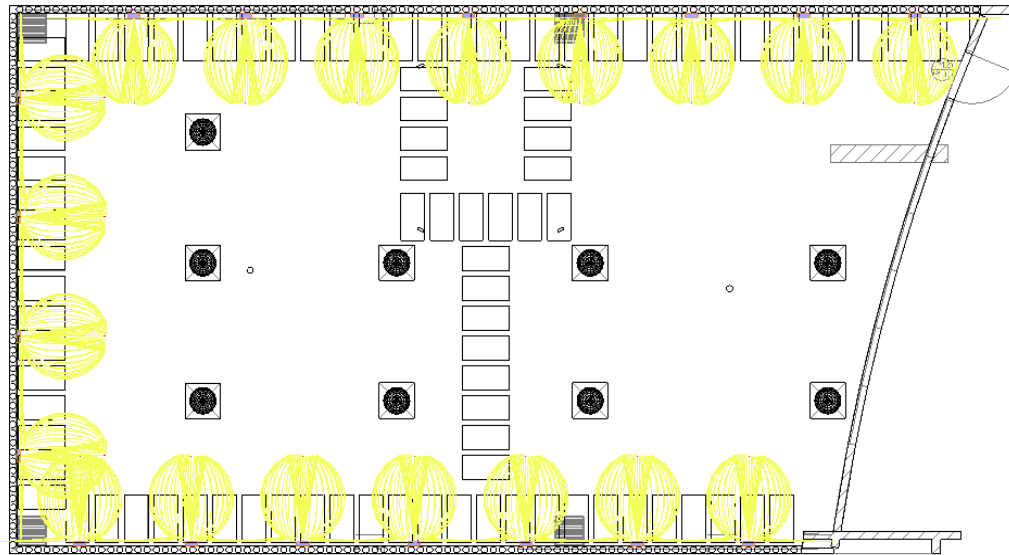


Figura 26. Posición de las luminarias en el área de trabajo del quinto piso.

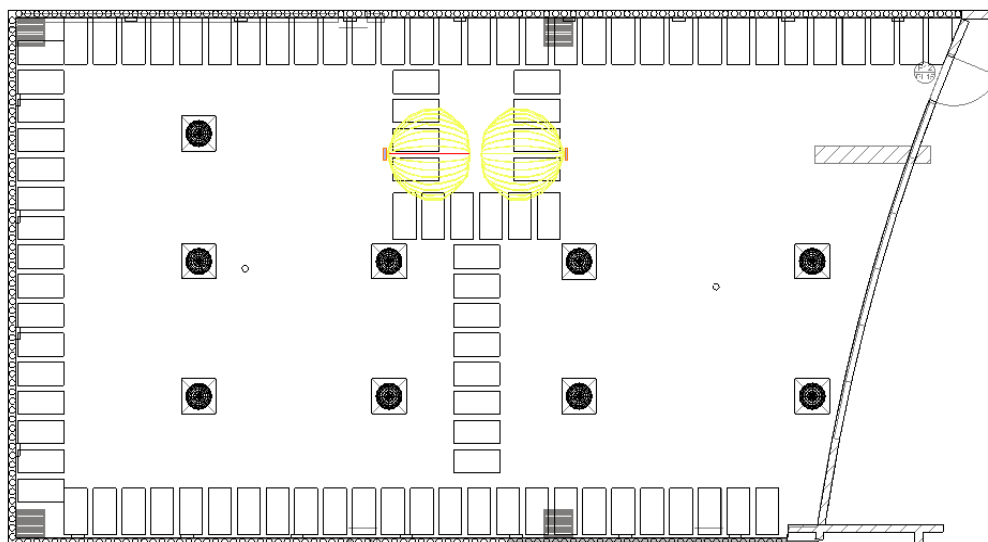
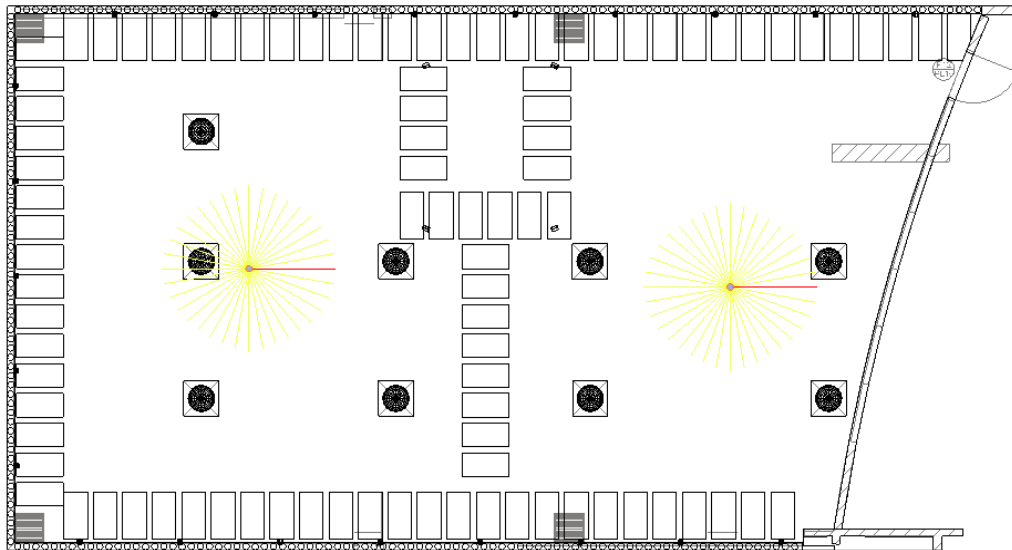


Figura 27. Posición de las luminarias en las zonas verdes del quinto piso.



Terraza del Sexto Piso: Las luminarias seleccionadas para el diseño de iluminación de esta terraza se presentan en la Tabla 22:

Tabla 22. Luminarias para la segunda simulación de la terraza del sexto piso.

ÁREA O ZONAS	LUMINARIA	CANTIDAD
Sendero	LED TORTUGA 10W DL BULKHEAD	53
Trabajo	LED REFL JETA ECO 50W DL	6
Verdes	D-69 OMEGA DE PISO 2x24W.	4

- Para el área de tránsito se ubicaron 53 luminarias, distribuidas sobre el muro construido por todo el perímetro de la terraza, a una altura de 0.53 m y separadas 1.7 m entre sí;
- En el área de trabajo se ubicaron 3 reflectores de 50W para cada bloque de paneles a una altura de 0.2 m (altura soporte) con una inclinación de 60° respecto al suelo
- Por último, se ubicaron 4 luminarias para las zonas verdes. La posición de cada luminaria está expuesta en las figuras 28, 29 y 30.

Figura 28. Posición de las luminarias en el área de sendero del sexto piso.

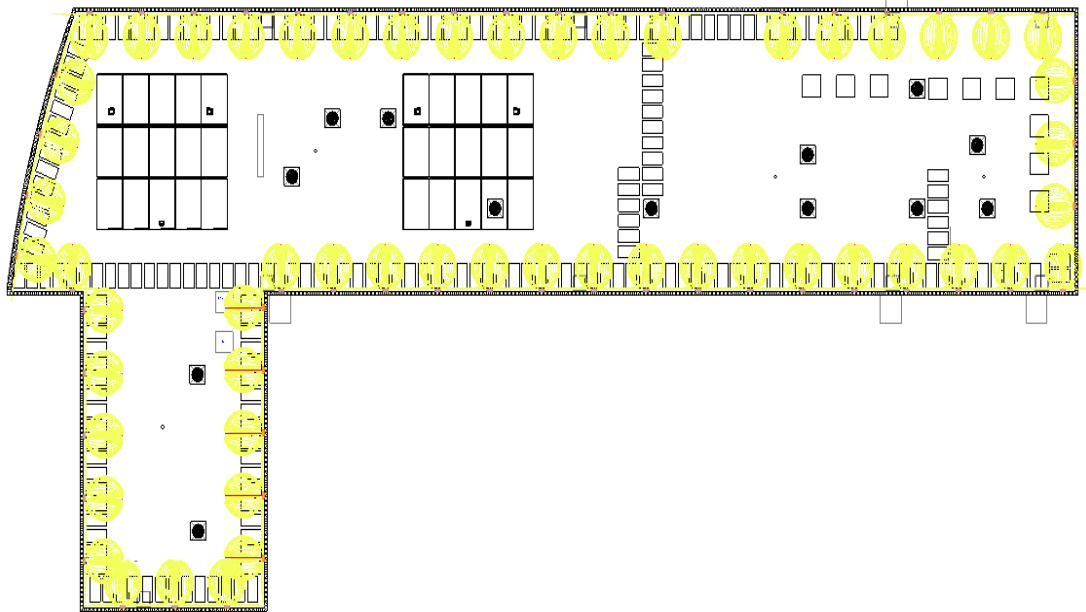


Figura 29. Posición de las luminarias en el área de trabajo del sexto piso.

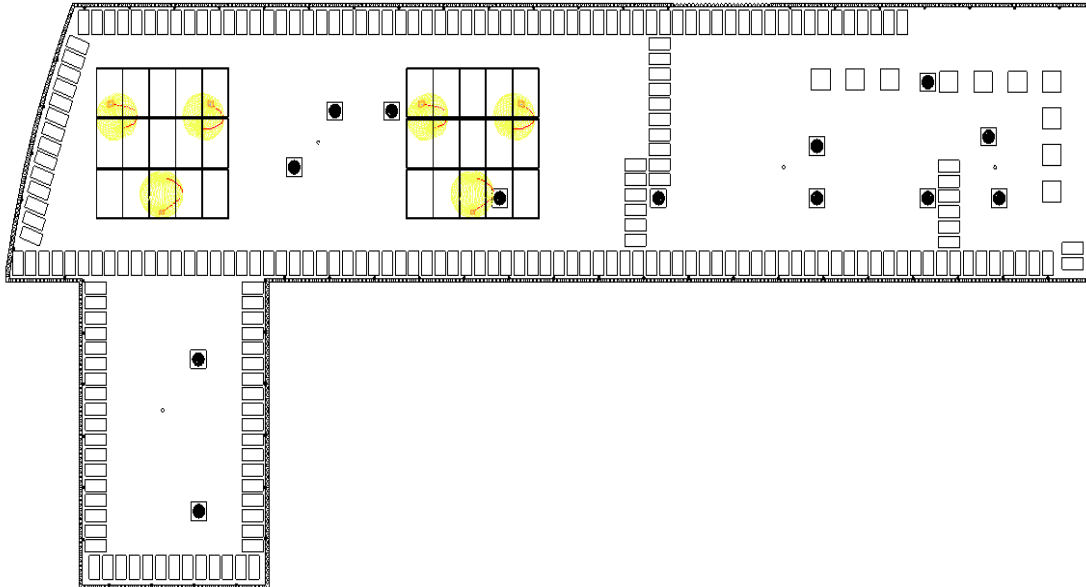
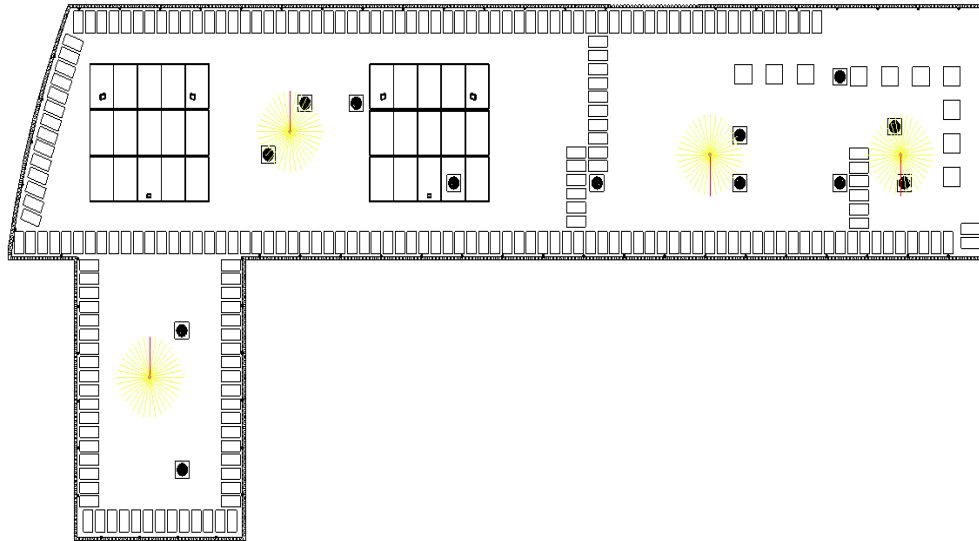


Figura 30. Posición de las luminarias en las zonas verdes del sexto piso.



4.3.3 Resultados obtenidos: La información, completa y detallada de los resultados obtenidos para cada propuesta de diseño, se encuentra en la carpeta adjunta *“Resultados Lumínicos de las Terrazas Verdes”*. Los valores de iluminancia, uniformidad y deslumbramiento obtenidos del desarrollo de las dos propuestas de diseño se presentan de manera sintetizada, las tablas 23, 24, 27 y 28. Además, se presentan los diagramas de distribución de iluminación para las áreas de trabajo. Los resultados obtenidos incluyen los factores de mantenimiento y las consideraciones expuestas en la Sección 4.2, y por tanto corresponden a valores de iluminancias mantenidas.

Considerando el costo de las luminarias como un aspecto importante para realizar la preselección de las mismas, se presenta de manera complementaria a los resultados técnicos, el costo correspondiente a la cantidad y el tipo de luminarias seleccionadas para el desarrollo de cada propuesta de diseño.

Resultados luminotécnicos de la Propuesta de diseño No. 1: Los resultados obtenidos mediante simulación, para el uso, configuración y distribución de las

luminarias seleccionadas para la iluminación de las terrazas, correspondientes a la Propuesta No. 1 son:

Tabla 23. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del quinto piso, primera simulación.

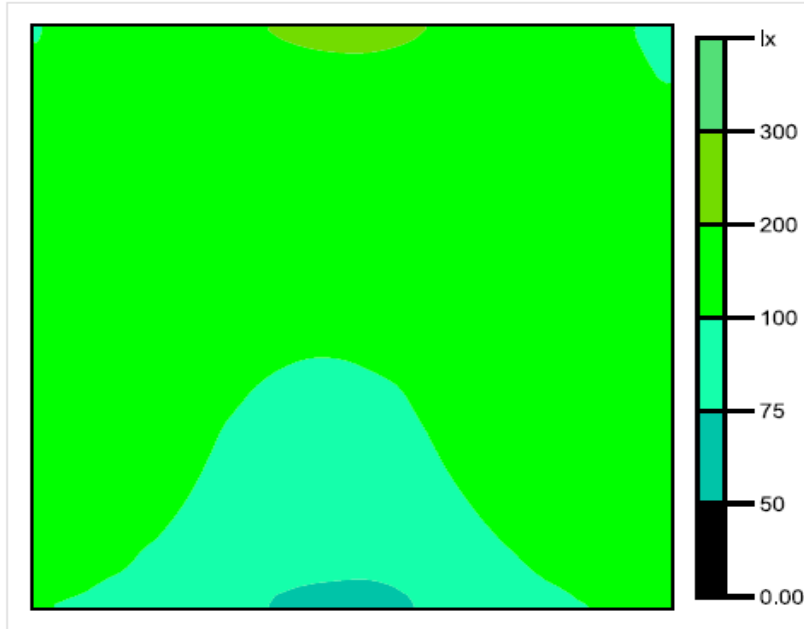
Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad	Altura plano útil
	Media	Mínima	Máxima		
Sendero	49.5	12.2	156	0.25	0.12
Panel	122	72.3	214	0.59	1
Zona Verde 1	8.9	0.02	189	0	0.2
Zona Verde 2	10.3	0.01	187	0	0.2
INDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR) PARA ÁREA DE TRABAJO					
Altura de la superficie (m)	1	1.2	1.4	-	-
UGR MÁX	39	37	36		

Tabla 24. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del sexto piso, primera simulación.

Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad	Altura plano útil (m)
	Media	Mínima	Máxima		
Sendero	43.4	11.4	156	0.26	0.12
Panel A	113	69.1	560	0.61	0
Panel B	111	69.7	517	0.63	0
Zona Verde 1	7.59	0.00	188	0.00	0.2
Zona Verde 2	6.4	0.00	189	0.00	0.2
Zona Verde 3	6.03	0.05	189	0.01	0.2
INDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR) PARA ÁREA DE TRABAJO					
Altura de la superficie (m)	0.8	1.2	1.4	1.6	1.8
UGR MÁX	40	38	36	35	33

Figura 31. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.1 Terraza del quinto piso, área de trabajo.

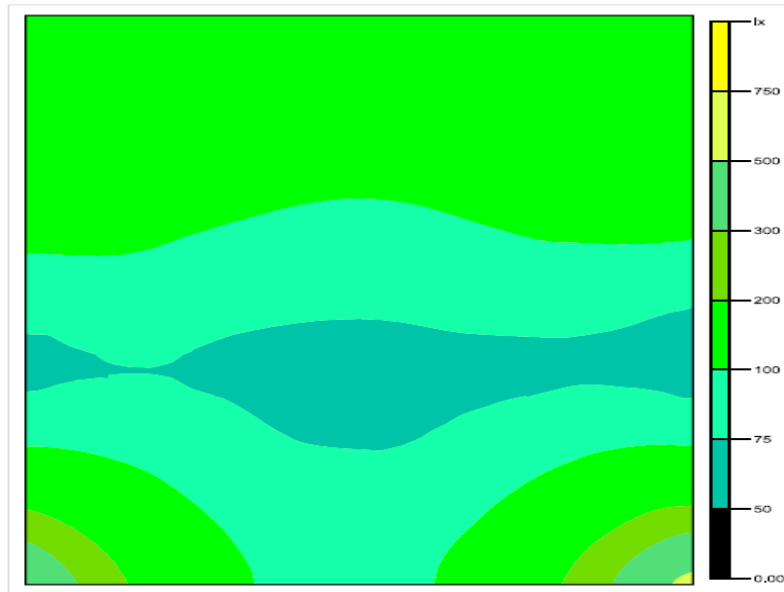
Plano útil Panel



Escala: 1 : 25

Figura 32. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.1 Terraza del sexto piso, área de trabajo/panel A.

Plano útil Panel A



Escala: 1 : 25

Costo luminarias Propuesta de diseño No. 1: Las tablas 25 y 26 presentan, el valor de adquisición solamente de las luminarias necesarias para la Propuesta de diseño No.1 y no de las unidades constructivas asociadas. Estas unidades constructivas se presentan en el capítulo 6 del presupuesto.

Tabla 25. Costo luminarias terraza del quinto piso.

Propuesta de Diseño No. 1				
Terraza del Quinto Piso				
Área	Luminaria	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Senderos	LED TORTUGA 5.5W DL BULKHEAD de SYLVANIA	19	\$ 21,009.00	\$ 399,171.00
Trabajo	LED REFL JETA ECO 20W DL	3	\$ 39,269.00	\$ 117,807.00
Zonas Verdes	PUMA D-63 SENDERA de 20W	2	\$ 238,700.00	\$ 477,400.00

Tabla 26. Costo luminarias terraza del sexto piso.

Propuesta de Diseño No. 1				
Terraza del Sexto Piso				
Área	Luminaria	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Senderos	LED TORTUGA 5.5W DL BULKHEAD de SYLVANIA	53	\$ 21,009.00	\$ 1,113,477.00
Trabajo	LED REFL JETA ECO 30W DL	8	\$ 45,314.00	\$ 362,512.00
Zonas Verdes	PUMA D-63 SENDERA de 20W	4	\$ 238,700.00	\$ 954,800.00

Resultados Propuesta de diseño No. 2: Ahora, los resultados obtenidos, correspondientes al desarrollo de la Propuesta de diseño No.2 se muestran en las tablas 27 y 28.

Tabla 27. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del quinto piso, segunda simulación.

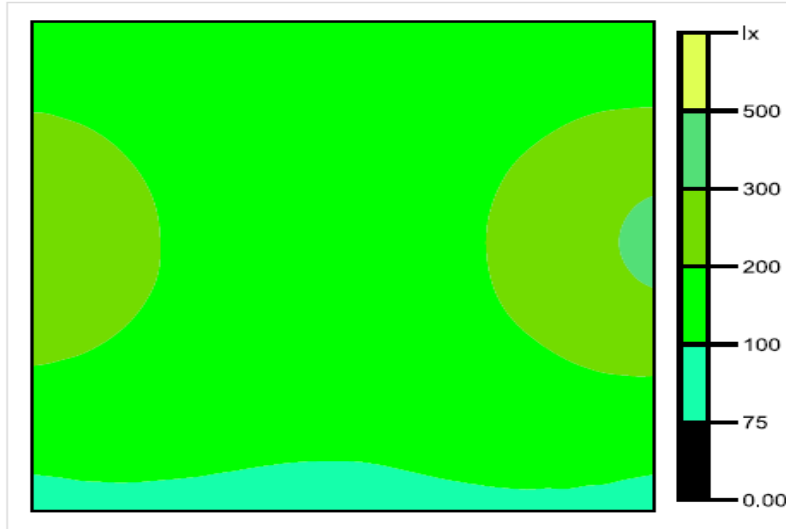
Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad	Altura plano útil (m)
	Media	Mínima	Máxima		
Sendero	106	27.2	401	0.26	0.12
Panel	162	80.7	318	0.50	1
Zona Verde 1	22.8	0.03	212	0	0.2
Zona Verde 2	26.5	0.02	209	0	0.2
INDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR) PARA ÁREA DE TRABAJO					
Altura de la superficie (m)	1	1.2	1.4	-	-
UGR MÁX	39	38	36		

Tabla 28. Resultados de los cálculos lumínicos de la terraza del sexto piso, segunda simulación.

Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad	Altura plano útil
	Media	Mínima	Máxima		
Sendero	82	23.2	335	0.28	0.12
Panel A	175	77.3	399	0.44	
Panel B	174	76.4	398	0.44	
Zona Verde 1	19.6	0.04	210	0	0.2
Zona Verde 2	16.2	0.01	211	0	0.2
Zona Verde 3	14.9	0.03	210	0	0.2
INDICE DE DESLUMBRAMIENTO UNIFICADO (UGR) PARA ÁREA DE TRABAJO					
Altura de la superficie (m)	0.8	1.2	1.4	1.6	1.8
UGR MÁX	42	38	37	35	34

Figura 33. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.2 Terraza del quinto piso, área de trabajo.

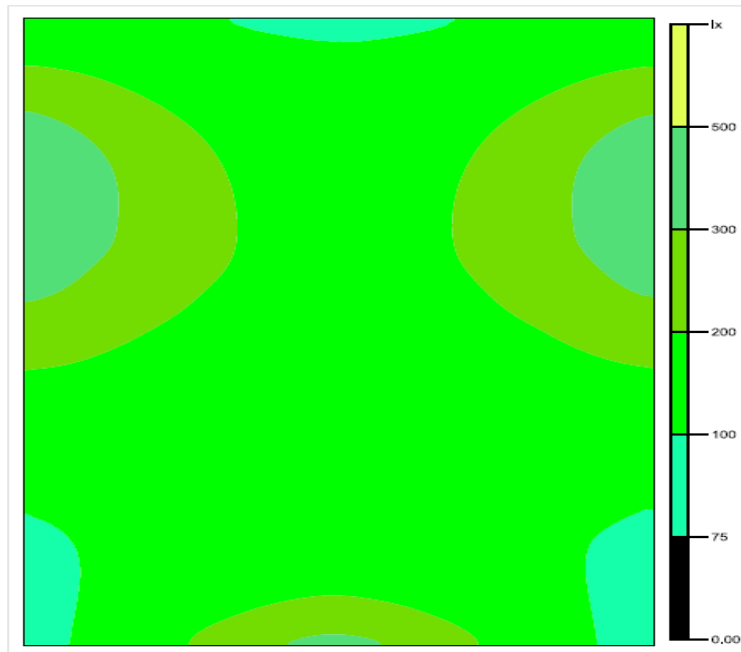
Plano útil Panel



Escala: 1 : 25

Figura 34. Diagrama de distribución de iluminación – Propuesta No.2 Terraza del sexto piso, área de trabajo/panel A.

Plano útil para área de panel A



Escala: 1 : 25

Costo luminarias Propuesta de diseño No. 2: En las tablas 29 y 30 se presenta el valor de adquisición solamente de las luminarias necesarias para la Propuesta de diseño No.2 y no de las unidades constructivas. Estas unidades constructivas se presentan en el capítulo del presupuesto.

Tabla 29. Costo luminarias terraza del quinto piso.

Propuesta de Diseño No. 2				
Terraza del Quinto Piso				
Área	Luminaria	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Senderos	LED TORTUGA 10W DL BULKHEAD de SYLVANIA	19	\$ 26,071.00	\$ 495,349.00
Trabajo	LED REFL JETA ECO 30W DL	2	\$ 45,314.00	\$ 90,628.00
Zonas Verdes	D-69 OMEGA DE PISO 2x24W	2	\$ 463,168.00	\$ 926,336.00

Tabla 30. Costo luminarias terraza del sexto piso.

Propuesta de Diseño No. 2				
Terraza del Sexto Piso				
Área	Luminaria	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Senderos	LED TORTUGA 10W DL BULKHEAD de SYLVANIA	53	\$ 26,071.00	\$ 1,381,763.00
Trabajo	LED REFL JETA ECO 50W DL	6	\$ 64,956.00	\$ 389,736.00
Zonas Verdes	D-69 OMEGA DE PISO 2x24W	4	\$ 463,168.00	\$ 1,852,672.00

4.3.4 Análisis de las propuestas y los resultados obtenidos: Como referencia de comparación de los resultados obtenidos de ambas propuestas, se usaron los criterios establecidos en la Tabla 5.3 de la Norma *UNE-EN 12464-2*.

Una vez obtenidos los resultados correspondientes a las dos propuestas descritas en los numerales anteriores, se presenta a continuación, un análisis detallado de los mismos. Cabe resaltar que las dos propuestas cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la normativa de referencia (*Norma UNE-EN 12464-2*) y, por tanto, el análisis se realiza con el fin de definir la configuración recomendada para la implementación del sistema de iluminación en las terrazas verdes del Edificio de Ingeniería Eléctrica UIS.

Como los requerimientos de iluminación de las terrazas, se establecieron delimitando unas zonas específicas según sus necesidades visuales (**Ver Tabla 4. Requisitos de Iluminación para las terrazas.**), el análisis se realizó comparando los resultados de las dos propuestas para cada zona.

Zona 1 - Área de tránsito o senderos peatonales: La cantidad de luminarias empleadas en las dos propuestas es la misma, debido a que para separaciones mayores entre luminarias (menor cantidad), se encontró que la uniformidad no cumplía con el valor mínimo establecido. La separación de luminarias propuesta corresponde a la distancia máxima, para la cual el sistema de iluminación cumple todos los requisitos establecidos (cantidad mínima de luminarias usadas para obtenerlo).

Reconociendo que las luminarias seleccionadas para cada propuesta son del mismo tipo (LED TORTUGA), pero de diferente potencia (5,5W y 10W) y en consecuencia, diferente capacidad de iluminación, la diferencia de los resultados radica principalmente en la iluminancia obtenida para cada propuesta, de tal manera que la selección de la luminaria (propuesta) más adecuada para la iluminación de los senderos, debe obedecer a las siguientes observaciones:

- Los valores de iluminancia media obtenidos: 49.5 lx y 43.4 lx correspondientes a las terrazas del quinto y sexto piso para la Propuesta No. 1, son cerca de 9 a 10 veces el valor de referencia establecido- 5 lx. Adicionalmente, el valor de uniformidad obtenido está en el valor mínimo permitido (0.25-0.26), lo que nos permite asegurar que la configuración de luminarias de la Propuesta No. 1, asociada a las áreas de senderos, garantiza niveles de iluminación cómodos para quien transite, permitiéndole identificar claramente el recorrido de los senderos.
- Los valores de iluminancia media obtenidos para la configuración de luminarias de la Propuesta No. 2 son 106 lx y 82 lx correspondientes a las terrazas del quinto y sexto piso ,son alrededor de 2 veces los valores obtenidos para la Propuesta No. 1, esto bajo una uniformidad ligeramente mayor(0.26-0.28) al valor de mínimo de referencia (0.25).Estos resultados mejoran el desempeño visual y la seguridad para el tránsito de personas(en comparación con la Propuesta No. 1), permitiendo al usuario visualizar claramente los senderos y discriminar con facilidad objetos y obstáculos allí presentes(teniendo en cuenta que según la norma UNE EN 12464-2 niveles cercanos a 100 lx permiten realizar obras de mantenimiento).
- El costo de implementar la configuración de luminarias de la Propuesta No. 2 para esta zona, es aproximadamente un 24% mayor al costo que tendría implementar la configuración de luminarias de la Propuesta No.1.
- Para incrementar el valor de uniformidad se debe disminuir la separación entre luminarias, lo que implica usar una mayor cantidad de ellas y en consecuencia el costo asociado aumenta. Aumentar la cantidad de luminarias puede afectar el aspecto estético del sistema de iluminación.
- Es importante resaltar que para la propuesta No. 1 la iluminación obtenida tiene una temperatura de color fría (6000K) - tonalidad blanca, mientras que para la propuesta No. 2 se obtiene iluminación con temperatura de color cálida (4500K) - tonalidad amarillo claro. Esta consideración toma relevancia en el ámbito estético.

Para esta zona no se calculó el índice de deslumbramiento, ya que la iluminación se concentra en el suelo y como no se realiza ningún trabajo específico prolongado en la zona, el plano visual permanece distante y sin incidencia directa a los ojos.

Zona 2 - Áreas de paneles o áreas de trabajo: Los requerimientos de iluminancia para esta zona son más elevados, debido a que la finalidad del sistema de iluminación parcial es proporcionar un medio ambiente visual que permita realizar trabajos técnicos específicos, prolongados en tiempo, sin ocasionar cansancio visual a quien realice las labores. Por tanto, para esta zona se buscó que las propuestas presentarán resultados de iluminancia y uniformidad considerablemente mayores los valores mínimos de referencia.

El uso de reflectores para la iluminación de este espacio obedece a la facilidad para moverlos y cambiar el ángulo de inclinación propio, permitiendo así, ajustar la iluminación deseada en el espacio de trabajo.

Debido a que la zona más importante para el sistema de iluminación corresponde a las áreas de trabajo, se presentan nuevamente los resultados de esta zona para cada propuesta, con el fin de comparar y analizar con facilidad las dos propuestas.

Tabla 31. Comparación de resultados de la terraza del quinto piso.

Terraza del Quinto Piso-Áreas de Trabajo					
	Área	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad
		Media	Mínima	Máxima	
Propuesta 1	Panel	122	72.3	214	0.59
Propuesta 2	Panel	162	80.7	318	0.5

Tabla 32. Comparación de resultados de la terraza del sexto piso.

Terraza del Sexto Piso-Áreas de Trabajo					
	Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad
		Media	Mínima	Máxima	
Propuesta 1	Panel A	113	69.1	560	0.61
	Panel B	111	69.7	517	0.63
Propuesta 2	Panel A	175	77.3	399	0.44
	Panel B	174	76.4	398	0.44

Terraza del Sexto Piso-Áreas de Trabajo					
	Áreas	ILUMINANCIA \bar{E} (lx)			Uniformidad
		Media	Mínima	Máxima	
Propuesta 1	Panel A	113	69.1	560	0.61
	Panel B	111	69.7	517	0.63
Propuesta 2	Panel A	175	77.3	399	0.44
	Panel B	174	76.4	398	0.44

Para el área de trabajo de la terraza del quinto piso: La iluminancia media mantenida para la Propuesta No. 2 corresponde a cerca de 133% de iluminancia media obtenida para la primera. Contario a esto la Propuesta No.1 presenta un valor de uniformidad 18% más grande.

Aunque para la Propuesta No. 1, la iluminancia media obtenida - 122 lx, supera el valor mínimo establecido - 100lx, y la uniformidad es de 0.59, la gráfica de distribución de iluminación (figura 31), nos muestra que, en una parte considerable del área los valores de iluminancia oscilan entre 75 lx y 100 lx, lo que podría disminuir el desempeño visual en esa parte del área.

Por el contrario, la Propuesta No. 2 presenta un valor de iluminancia media de 162 lx y niveles de iluminancia entre 100 lx y 200 lx para la mayor parte del área. Los segmentos del área más cercanos a las luminarias presentan niveles entre 200 lx y 300 lx. Finalmente, el segmento del área con valores de iluminancia menores a 100 lx es reducido y poco influyente, debido a que se presenta distante al centro del área (figura 33).

Teniendo en cuenta que, en el centro de la área-centro del panel fotovoltaico, se ubican los dispositivos de control y operación del mismo, y observando que allí los niveles de iluminación obtenidos para la Propuesta No.2 son adecuados (>100 lx) y uniformes, se garantiza un desempeño visual óptimo para realizar diversas labores sobre estos dispositivos. Abonado a esto, el costo de implementar la configuración de luminarias de la Propuesta No. 2 es un 13% más bajo que el costo asociado a la Propuesta No.1.

Para el área de trabajo de la terraza del sexto piso: De manera semejante a los resultados obtenidos para la terraza del quinto piso se encontró que la iluminancia media mantenida para la propuesta No.2, corresponde a cerca de 155% de iluminancia media obtenida para la Propuesta No. 1. El valor de uniformidad obtenido para la Propuesta No. 2 es relativamente bajo -0.44, solo un 10 % mayor al valor mínimo establecido para la zona -0.4. El valor de uniformidad obtenido para la Propuesta No. 1 -0.61 es casi un 52 % mayor al valor mínimo establecido.

De la revisión y análisis de las gráficas de distribución de iluminación, obtenidas para cada una de las propuestas, se observó que, aunque el valor de uniformidad para la Propuesta No. 1 -0,61, es considerablemente más grande que el valor obtenido para la Propuesta No. 2 - 0.44, la Propuesta No. 2 presenta una iluminación más uniforme (se deduce visualmente) y con niveles de iluminancia mayores (en relación a la Propuesta No. 1) para el espacio ubicado alrededor del centro del área.

Los niveles de iluminancia obtenidos para la Propuesta No. 1, presentan una disminución de la luminancia en la medida que nos acercamos al centro del área (superficie trasera del bloque de paneles). Esto, permite inferir que la ejecución de labores en esta parte del área impone un mayor esfuerzo visual por parte del usuario (en relación a los valores obtenidos para la Propuesta No. 2).

El costo de implementar la configuración de luminarias de la Propuesta No. 2 es solo un 7.5% mayor al costo asociado a la Propuesta No. 1, este excedente equivale a \$27.224 pesos colombianos.

Análisis de deslumbramiento: Para el cálculo del Índice de Deslumbramiento Unificado UGR se establecieron diferentes superficies de cálculo a diferentes alturas. En la terraza del quinto piso se tomaron tres superficies a alturas de 1, 1.2 y 1.4 m debido a que la franja de trabajo útil del panel solar presente en esta terraza se encuentra en este rango. Para la terraza del sexto piso se tomaron cinco superficies de cálculo a alturas de 0.8, 1.2, 1.4, 1.6 y 1.8 m. Para evaluar el confort visual del observador presente en el área de trabajo, el UGR se calculó con un barrido de 360° respecto al observador y con un paso de 15° (propuesto por DIALux).

Se observó que el Índice de Deslumbramiento Unificado UGR aumentaba cuando la configuración de las luminarias se acercaba a las superficies de cálculo o se encontraban con un ángulo directo al plano visual; por tal razón, la configuración de las luminarias en las áreas de trabajo se diseñó con alturas cercanas al suelo para evitar molestia a un observador que se encuentre de pie.

El UGR máximo de cada superficie de cálculo se encuentra en las tablas 23, 24 ,27 y 28 y de forma detallada en el archivo (digital) adjunto **“Resultados Lumínicos de las Terrazas Verdes”**.

Los resultados del cálculo UGR obtenidos de cada simulación no presentan diferencias significativas que permitan escoger una configuración sobre otra.

En la terraza del quinto piso se obtuvo un Índice de Deslumbramiento Unificado máximo $UGR_{m\acute{a}x} = 39$ en la superficie de cálculo que está a un metro del nivel del suelo terraza. El $UGR_{m\acute{a}x}$ se encontró paralelamente a las cercanías de cada luminaria, para la primera propuesta de diseño, el $UGR_{m\acute{a}x}$ se alojó en la parte inferior

y el parte superior central de la superficie de cálculo (ver Figura 35) y en para la segunda propuesta, se encontró en las esquinas de la superficie (ver Figura 36).

Figura 35. Terraza del quinto piso, superficie de cálculo UGR a 1 m de altura, primera simulación.

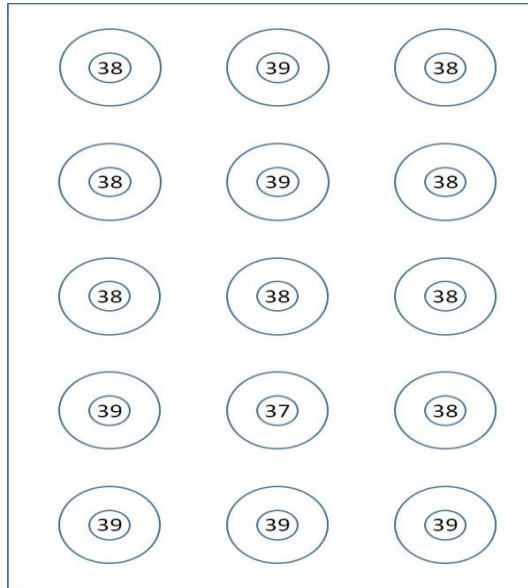
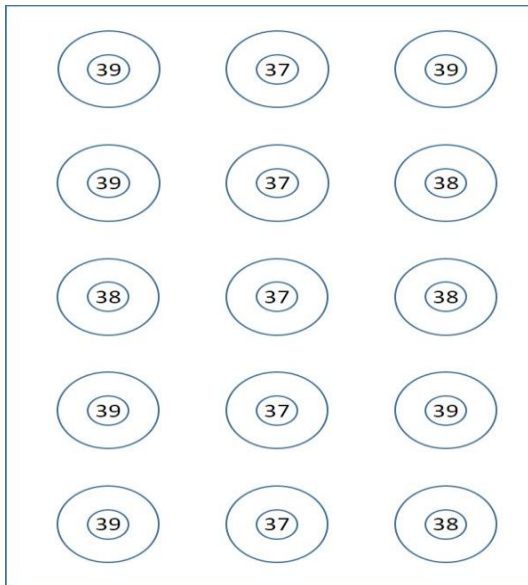


Figura 36. Terraza del quinto piso, superficie de cálculo UGR a 1 metro de altura, segunda simulación.



En la terraza del sexto piso se obtuvo un Índice de Deslumbramiento Unificado máximo $UGR_{m\acute{a}x} = 40$ para la primera configuración y $UGR_{m\acute{a}x} = 42$ para la segunda configuración en la superficie de cálculo que está a 0.8 metros del nivel del suelo terraza. El $UGR_{m\acute{a}x}$ para la primera propuesta de diseño, se alojó en la parte derecha de la superficie de cálculo (ver Figura 37) y en la segunda propuesta, se encontró justo al frente del conjunto de luminarias (ver Figura 38).

Figura 37. Terraza del sexto piso, superficie de cálculo UGR a 0.8 m de altura, primera simulación.

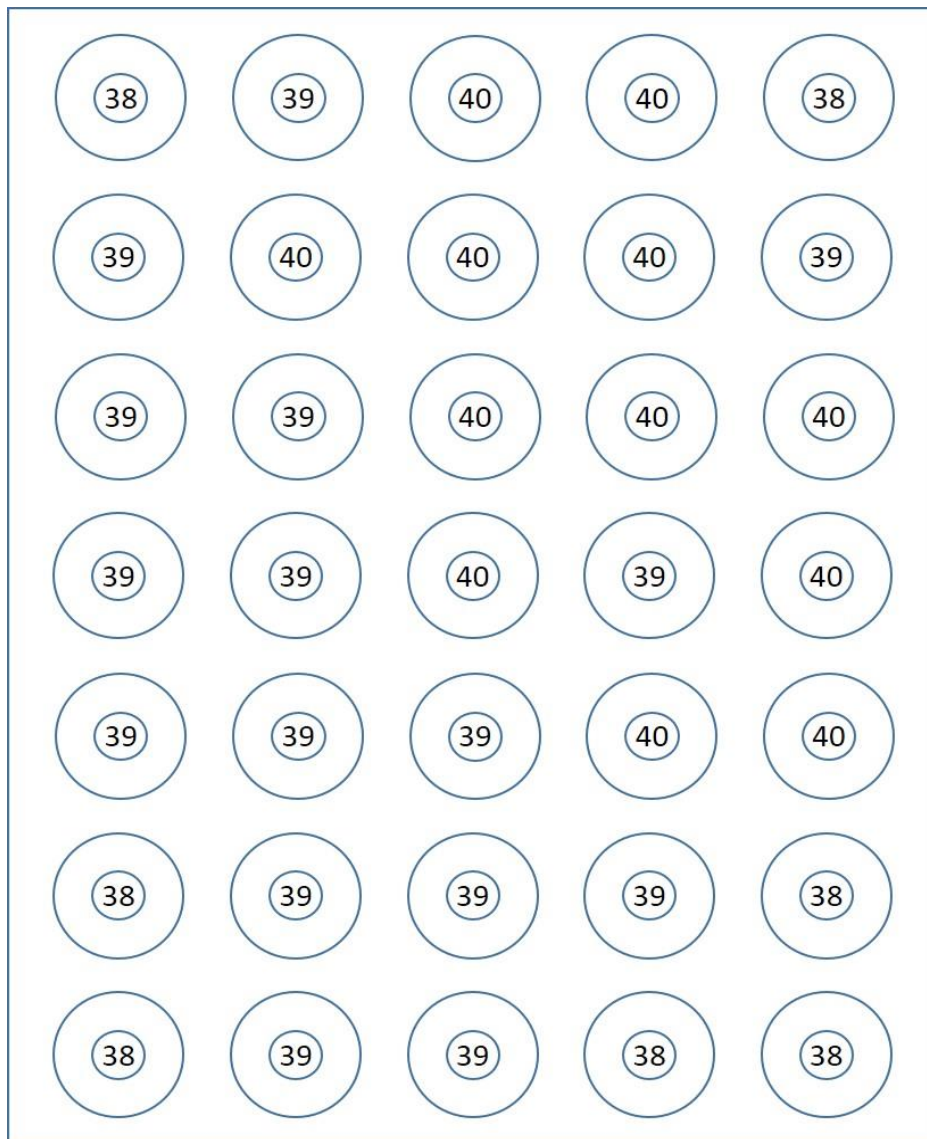
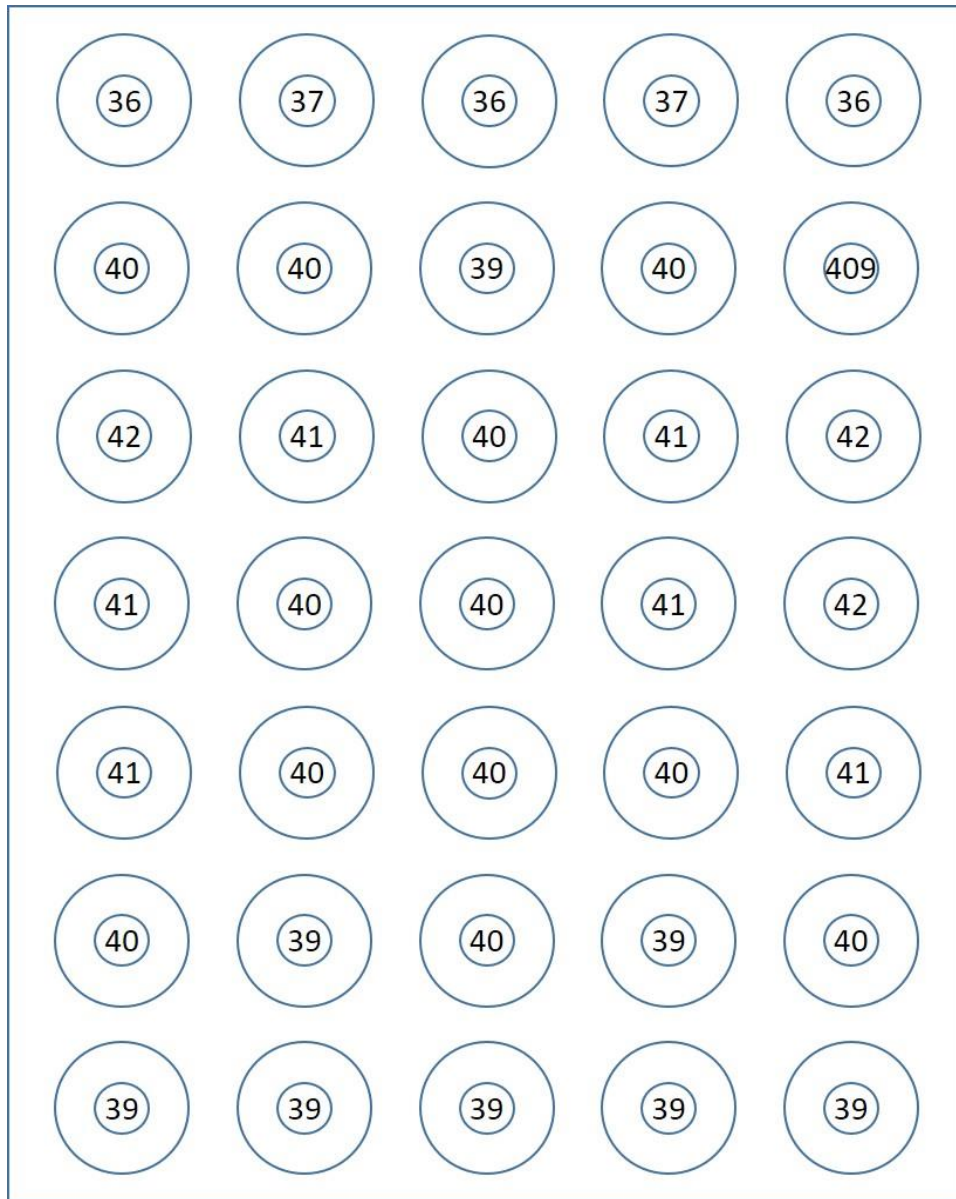


Figura 38. Terraza del sexto piso, superficie de cálculo UGR a 0.8 m de altura, segunda simulación.



Los resultados obtenidos del UGR están por debajo del índice máximo establecido por la norma UNE EN 12464-2, $UGR_{m\acute{a}x}=45$. Aunque los valores obtenidos son próximos al $UGR_{m\acute{a}x}$ estipulado por la norma, estos se consideran aceptables debido a la proximidad de las superficies de cálculo al conjunto de luminarias.

Zona 3 - Áreas verdes: Para esta zona no se realiza un análisis técnico de los resultados, debido a que la iluminación diseñada para este espacio no es de carácter funcional, y obedece a brindar una sensación estética de las terrazas.

Aunque los valores de iluminancia máxima obtenidos para las dos propuestas son cercanos, los valores de iluminancia media mantenida para la Propuesta No. 2 permiten inferir que la luminaria D-69 OMEGA logra distribuir de mejor forma la iluminación en cada una de las áreas verdes.

Las luminarias seleccionadas para las dos propuestas son de luz cálida, con una temperatura de color de 3000 K, tonalidad amarilla.

4.4 ASPECTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO

Para la implementación del sistema de iluminación diseñado se deben tener en cuenta los aspectos generales descritos a continuación.

4.4.1 Selección de la configuración recomendada: Con base en los resultados obtenidos y el análisis realizado, la configuración de las luminarias que constituyen el sistema de iluminación recomendado corresponde a la Propuesta No.2, dado que para las áreas de tránsito y trabajo se obtuvieron mejores resultados técnicos con un bajo excedente en los costos.

La configuración de las luminarias recomendada se presenta anteriormente en las tablas 21 y 22.

4.4.2 Aspectos para la implementación: La totalidad de las luminarias que conforman el sistema de iluminación deben ir distribuidas según lo establecido en la Numeral 4.3.2. Adicional a esto se presentan los siguientes detalles para la implementación del sistema.

Para las áreas de tránsito: Las luminarias deben ir sobrepuestas y ajustadas mediante tornillos galvanizados a la superficie del muro, a una altura de 0,54 metros.

Para las áreas de trabajo: Los reflectores deben apoyarse sobre un elemento soporte con superficie regular, nivelada, pesada y estable para evitar el movimiento, con área mínima de 40 x 40 cm y una altura entre 10 y 15 cm, dicha superficie debe permitir ser perforada, con el fin de realizar la sujeción de los reflectores a la misma. Los tornillos empleados para la sujeción deben ser tornillos galvanizados. Se recomienda el uso de dados de concreto.

Para las áreas verdes: Las luminarias tipo bolardo, deben apoyarse sobre un elemento soporte con superficie regular, nivelada, pesada y estable para evitar el movimiento, con área mínima de 35 cm x 35 cm y una altura entre 10 cm y 15 cm, dicha superficie debe permitir ser perforada, con el fin de realizar la sujeción de las luminarias a la misma. Los tornillos empleados para la sujeción deben ser tornillos galvanizados. De igual manera que para el caso anterior, se recomienda el uso de dados de concreto.

5 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para el dimensionamiento de la instalación eléctrica correspondiente al sistema de iluminación de las terrazas verdes se tomaron como referencia los lineamientos establecidos por la NTC 2050 y el RETIE. Como la carga instalada asociada al sistema de iluminación es distribuida en cuatro circuitos ramales, donde el más cargado tiene un pico máximo de consumo de 803 VA (debido al uso de tecnología LED), no se generan cambios significativos en relación a la carga total de la edificación y, por tanto, no se hace necesario realizar un balance de carga por fase.

Los dos circuitos ramales dispuestos para la terraza del sexto piso, se distribuyen desde un tablero de distribución de iluminación (ubicado al lado derecho de los tableros existentes), y éste se conecta mediante una acometida al tablero de distribución TN5 ubicado en el cuarto técnico del quinto piso.

Los dos circuitos ramales dispuestos para la terraza del quinto piso, se conectan directamente al tablero TN5.

5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

El dimensionamiento de la instalación asociada al sistema de iluminación incluye, la descripción inicial de la carga requerida por las luminarias, el cálculo de la demanda máxima y la corriente máxima que circula por cada circuito ramal. Una vez se realizan estos cálculos, se seleccionan los conductores, las canalizaciones y las protecciones de cada circuito ramal. Finalmente, se valida el cumplimiento de valores permisibles de regulación.

5.1.1 Carga instalada y circuitos ramales necesarios: La carga que se prevé instalar corresponde al total de las luminarias empleadas en la Propuesta No. 2 (propuesta recomendada). La distribución de la carga en las terrazas se realizó de la siguiente manera:

Tabla 33. Carga instalada terraza del Quinto Piso.

Cto ramal	Zona	Luminarias			Carga Parcial [VA]	Carga Total [VA]
		Cantidad	Potencia	Fp		
1	Areas de Trabajo	2	30	0,9	66,67	66,67
2	Areas de Transito	19	10	0,9	211,11	317,78
	Areas verdes	2	48	0,9	106,67	

Tabla 34. Carga Instalada terraza del Sexto Piso.

Cto ramal	Zona	Luminarias			Carga Total [VA]	Carga Total [VA]
		Cantidad	Potencia	Fp		
3	Areas de Trabajo	6	50	0.9	333.33	333.33
4	Areas de Transito	53	10	0.9	588.89	802.22
	Areas verdes	4	48	0.9	213.33	

La distribución de los circuitos ramales en las terrazas se describe en las figuras 39 y 40. La información detallada de la instalación eléctrica se puede consultar en los planos anexos.

Figura 39. Plano de iluminación del Quinto Piso.

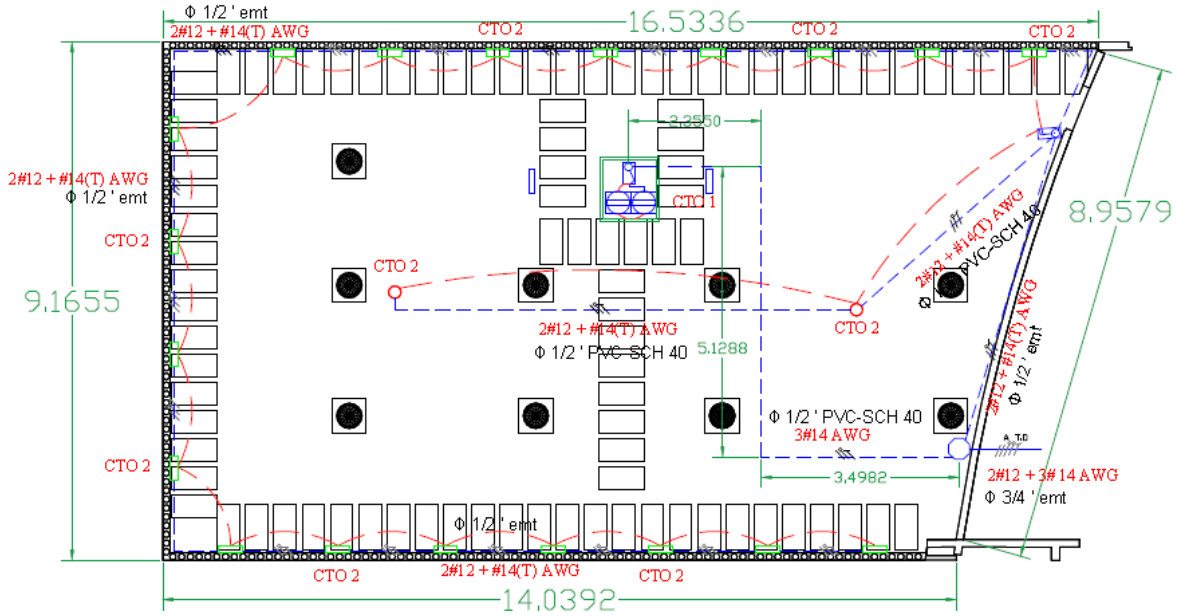
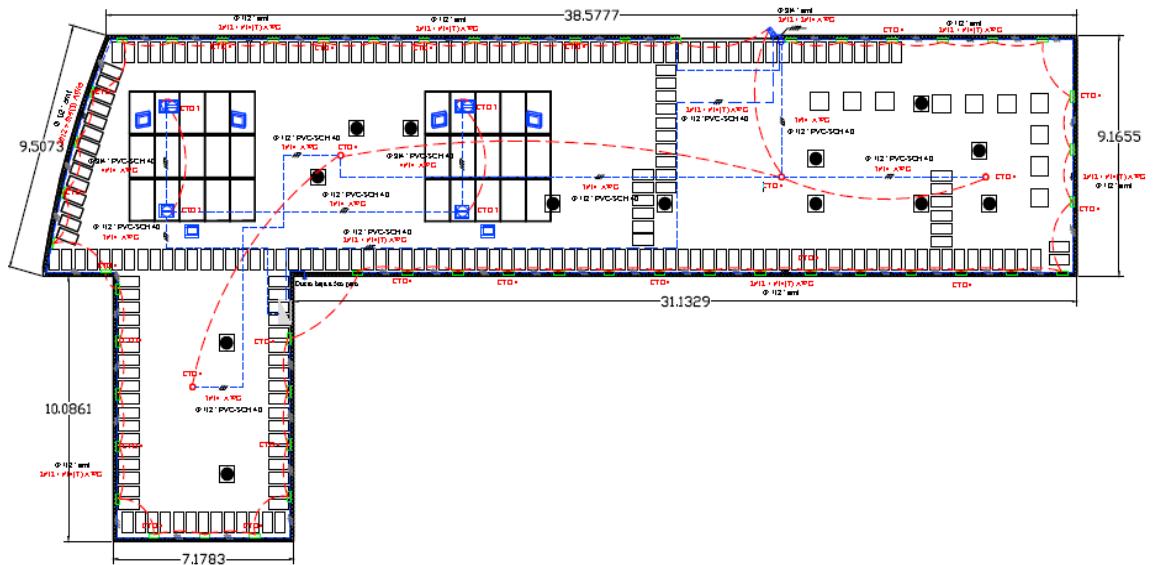


Figura 40. Plano de iluminación del Sexto Piso.



5.1.2 Cálculo de demanda máxima: Para el cálculo de demanda máxima se toma un factor de demanda unitario, debido que la totalidad de la carga corresponde a iluminación; ésta puede estar conectada y operando simultáneamente. La demanda máxima para cada circuito es la misma carga total instalada.

$$Dmax = Carga Total * Factor de Demanda \quad (28)$$

$$Dmax = Carga Total * 1 \quad (29)$$

Luego, las demandas máximas para cada uno de los circuitos son:

- $Dmax_{cto 1} = 66,67 VA$
- $Dmax_{cto 2} = 317,78 VA$
- $Dmax_{cto 3} = 333,33 VA$
- $Dmax_{cto 4} = 802,22 VA$

Ahora, la demanda máxima para la acometida general de la carga de iluminación está dada por el total de la suma de las demandas de los circuitos 3 y 4.

- $Dmax_{acometida} = Dmax_{cto 1} + Dmax_{cto 2} + Dmax_{cto 3} + Dmax_{cto 4} VA$
 $Dmax_{acometida} = 1135,55 VA$

5.1.3 Corriente nominal de los circuitos y la acometida: Inicialmente, se calcula la corriente nominal que circulará por cada circuito.

$$In_{cto} = \frac{Dmax_{cto o acom}}{V_{fase}} \quad A \quad (30)$$

La corriente nominal que demanda cada circuito se calcula para un valor de tensión de fase de 120 [V]:

- $In_{cto 1} = 0,56 A$
- $In_{cto 2} = 2,65 A$
- $In_{cto 3} = 2,78 A$

- $In_{cto4} = 6,69 A$

De igual forma, la corriente nominal que llevará la acometida a plena carga y a un valor de tensión de fase de 120 V:

- $In_{acometida} = 9,47 A$

5.1.4 Selección de conductores: Con base en la corriente nominal obtenida, se calcula la corriente para el dimensionamiento de los conductores de fase y neutro.

$$Ix = 1,25 * \frac{In}{Ft*Fa} \quad (A) \quad (31)$$

Donde I_x : Corriente para dimensionamiento

Finalmente, se selecciona el conductor para la acometida y los circuitos ramales, tomando un valor de corriente, mayor o igual a la corriente de dimensionamiento obtenida. Para la selección del conductor debemos referirnos a la Tabla 310-17 de la NTC 2050.

$$I_{conductor_seleccionado} \geq I_x \quad (32)$$

Consideraciones tomadas: Se seleccionan conductores de cobre con aislamiento THHN. Con el fin de evitar daños en los elementos de la instalación debidos a efectos térmicos, se dimensionan para una temperatura nominal de 60 C° (Primera Columna Tabla 310-17).

La temperatura máxima (promedio anual) para la ciudad de Bucaramanga, se registra en 28° C, por tanto, el factor de corrección por temperatura FT equivale a 1(Tabla 310-17, primera columna-parte inferior).

El segmento del ducto que va desde el tablero de distribución TN5 hasta la caja de paso de la terraza del quinto piso (Ver Plano terraza quinto piso), alberga la mayor cantidad de conductores (4) y por tanto el factor de corrección por agrupamiento considerado para el cálculo de los conductores de los circuitos ramales corresponde al 80% (Nota 8, posterior a la Tabla 310-19 de la NTC 2050). Debido a que la canalización de la acometida solo alberga 3 conductores (fase, neutro y tierra), el factor de agrupamiento tomado para el cálculo de estos conductores corresponde al 100%.

Se asume que, el total de la carga de cada circuito se concentra en la derivación del circuito para la cual el cable debe recorrer la mayor distancia. Para los circuitos con longitudes mayores a 50 metros, se selecciona un calibre mayor al necesario, para garantizar el cumplimiento de la regulación mínima permisible (2%).

Ahora, las ecuaciones para la selección de los conductores se reescriben, incluyendo las consideraciones tomadas:

$$I_{x_{cto}} = 1,25 * \frac{I_n}{0.8} \quad (A)$$

$$I_{x_{acom}} = 1,25 * I_n \quad (A)$$

En resumen, los calibres de conductores seleccionados para la acometida y los circuitos ramales se presentan en las Tablas 35 y 36:

Tabla 35. Selección de conductores para circuitos ramales.

Cto ramal	I_n [A]	I_x [A]	$I_{conductor}$ [A]	Calibre [AWG]	Aislamiento
1	0.56	0.87	25	14	Cu-THHN
2	2.65	4.14	30	12	Cu-THHN
3	2.78	4.34	25	14	Cu-THHN
4	6.69	10.45	30	12	Cu-THHN

Tabla 36. Selección de conductores para la acometida.

Acometida	I_n [A]	I_x [A]	$I_{conductor}$ [A]	Calibre [AWG]	Aislamiento
1	9.47	11.84	30	12	Cu-THHN

5.1.5 Protecciones eléctricas para la acometida y los circuitos ramales: Las protecciones para la acometida y los circuitos ramales se dimensionan según lo establecido en los artículos 240-3 y 210-19 y la Tabla 210-24 (ANEXO A) de la NTC 2050.

De tal manera que, para cada uno de los circuitos se selecciona una **protección contra sobrecorriente de 15 A**. Para la acometida debe emplearse una **protección contra sobrecorriente de 20 A**.

De acuerdo con la selección de la protección contra sobre corriente (párrafo anterior) y con base en lo establecido en la Tabla 250-95 de la NTC 2050, los **conductores de puesta a tierra** de todos los circuitos ramales deben ser conductores de cobre (**Cu**), con **aislamiento THHN** en **calibre #14**. El conductor de puesta a tierra de la acometida debe ser **de cobre -THHN** en **calibre #12**.

5.1.6 Canalizaciones: La selección de las canalizaciones para los segmentos de la instalación se realizó siguiendo lo establecido en las Tablas C1 y C10 de la NTC 2050.

Las canalizaciones de las derivaciones que alimentan las luminarias dispuestas para las áreas de tránsito de las dos terrazas deben ir en tubería **metálica IMC de ½ pulgada**.

La canalización que va desde el tablero de distribución hasta la caja de paso o derivación ubicada en la terraza del quinto piso deberá ir en tubería **metálica EMT de ¾ pulgada**. De igual forma la canalización para la acometida, que va desde el

tablero de distribución hasta el **tablero** de distribución **TN5**, ubicado en el cuarto técnico del quinto piso, deberá ir en tubería **metálica EMT de ¾ pulgada**.

Las demás derivaciones y circuitos asociados a las áreas verdes y áreas de trabajo deberán ir en tubería **PVC SCH 40 de ½ pulgada o ¾ de pulgada** (según el tramo), incrustada sobre la capa vegetal, de manera que no quede expuesta a la vista.

Las canalizaciones seleccionadas para cada tramo, así como los detalles principales de la instalación se pueden visualizar en los planos anexos y en la Sección **6.1** de este documento.

5.1.7 Regulación de tensión: Una vez seleccionados los conductores para los circuitos ramales, se valida el cumplimiento de los valores de regulación de tensión según la siguiente expresión.

$$\delta \% = \frac{Fc * Kg * S * l * 100}{V^2} \quad (33)$$

Los valores de la constante de regulación Kg, se tomaron de la Tabla 3.25 de la ESSA. Para circuitos ramales monofásicos Fase-Neutro, el factor Kg se debe multiplicar por un factor de corrección “Fc” de 6, según lo establece la Tabla 3.26 de la ESSA.

Calculo tipo: Para el circuito ramal 4

$Fc = 6$	$Fp = 0.9$	$Kg = 532.18$
$S = 0.802 [kVA]$	$l = 0.095 [km]$	$V = 120 [V]$

$$\delta \% = \frac{Fc * Kg * S * l * 100}{V^2} = \frac{6 * 532.18 * 0.802222 * 0.0957 * 100}{120^2} = 1.702\%$$

Los valores de regulación obtenidos para cada circuito ramal se presentan en la Tabla 37:

Tabla 37. Regulación de tensión de los circuitos ramales.

CALCULO DE REGULACIÓN - TABLERO DE ACOMETIDAS PRINCIPALES (TGBT)										
Descripción	Longitud	Dmax	F.p.	I Máx	Conductor por fase o neutro		Protecciones	Momento	Regulación	
	[m]	[VA]		[A]	Material	Calibre [AWG]			[A]	[VA* m]
Acometida (TD-TN5)	16	1135.56	0.9	9.47	Cu- THHN	12	20	18169	532.18	0.403
Cto 1	29.2	66.67	0.9	0.556	Cu- THHN	14	15	1946.68	842.14	0.068
Cto 2	63.7	317.78	0.9	2.648	Cu- THHN	12	15	20242.46	532.18	0.449
Cto 3	28.1	333.33	0.9	2.778	Cu- THHN	14	15	9366.66	842.14	0.329
Cto 4	95.7	802.22	0.9	6.685	Cu- THHN	12	15	76772.65	532.18	1.702

Para todos los circuitos ramales se evidencia que la regulación no excede el valor máximo (2%) establecido en la Tabla 2.3 de la Norma de la ESSA. Por tanto, se concluye que la selección de conductores fue correcta.

6 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

El desarrollo de la parte final del proyecto incluye la elaboración de las especificaciones técnicas, la presentación de los recursos necesarios y sus precios, los APU's correspondientes y el presupuesto final consolidado.

Las plantillas construidas para la realización del presupuesto se encuentran anexas al presente documento.

La información consignada en las siguientes especificaciones técnicas provee al constructor de la obra, toda la información necesaria y complementaria a los capítulos anteriores y los planos anexos, para una correcta construcción e implementación del sistema de iluminación diseñado.

6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

Esta sección contiene las especificaciones técnicas generales de equipos, materiales y accesorios, así como la mano de obra necesaria para la construcción del sistema de iluminación.

6.1.1 Materiales: Los materiales suministrados por el contratista para la construcción de las instalaciones lumínicas y eléctricas deberán ser de primera calidad, libres de defectos e imperfecciones, y obligatoriamente deberán cumplir con lo establecido en las normas ICONTEC y tener homologación RETIE.

6.1.2 Mano de obra y herramienta: En todos los casos se utilizará mano de obra especializada y herramientas adecuadas para todos los trabajos a ejecutar.

6.1.3 Seguridad: Todos los trabajadores deberán estar afiliados al sistema de seguridad social (PENSION, EPS y ARP), cumplir con las normas de seguridad propias de los trabajos a ejecutar y además observar las normas internas del proyecto. Es responsabilidad del contratista suministrar a todos los trabajadores dichas prestaciones.

6.1.4 Personal de la obra: Para el manejo y desarrollo de los trabajos se contará con un ingeniero residente de obra de profesión Electricista y dos técnicos auxiliares. Todo el personal para la obra deberá contar con las certificaciones, permisos de altura (si aplica) y demás requisitos que la legislación laboral y proyecto exijan.

6.1.5 Cajas de paso y empalme: Estas cajas de paso, empalme o derivación serán metal galvanizado con perforaciones construidas de fábrica.

Para salidas de tomacorrientes e interruptores del área de trabajo estas serán rectangulares de 105mm x 52mm x 66 mm en Polipropileno y rectangulares de 105 mm x 52 mm x 66 mm en metal galvanizado para las demás salidas de tomacorrientes e interruptores de la instalación.

6.1.6 Conductores: El proyecto contempla la utilización de conductores de cobre para las acometidas desde el tablero general del piso quinto hasta el tablero de la terraza del sexto y sus derivaciones.

La utilización de los conductores será de la siguiente manera:

Tabla 38. Especificaciones conductores usados.

Uso	Tipo de conductor
Instalaciones eléctricas para áreas de senderos	Conductor Cu aislamiento THHN 12AWG y Conductor Cu aislamiento THHN 14AWG para continuidad de tierra
Instalaciones eléctricas para áreas de trabajo	Conductor Cu aislamiento THHN 14AWG y Conductor Cu aislamiento THHN 14WAG para continuidad de tierra
Instalaciones eléctricas para áreas de verdes	Conductor Cu aislamiento THHN 12AWG-14AWG y Conductor Cu aislamiento THHN 14WAG para continuidad de tierra
Acometida desde tablero de distribución de iluminación, hasta tablero general del piso quinto	Conductor Cu aislamiento THHN/THWN 12 AWG Conductor Cu aislamiento THHN/THWN 12 AWG para continuidad de tierra

En las instalaciones a tensión de 120 V se tendrá en cuenta el siguiente código de colores:

- Conductor de fase o retorno : Azul o Rojo
- Conductor de neutro : Blanco
- Conductor continuidad de tierra : Verde

En todas las cajas deben dejarse por lo menos 20 centímetros para las conexiones de los aparatos correspondientes, con doble capa como mínimo de cinta aislante de plástico.

En ningún caso se pueden dejar empalmes dentro de las tuberías PVC, IMC y EMT. Si es necesario efectuar un empalme, este se debe realizar dentro de una caja de paso y se cubrirá con suficiente cinta aislante para su protección.

6.1.7 Canalizaciones: Las tuberías a utilizar en la ejecución del proyecto son PVC, IMC y EMT para las instalaciones eléctricas. El tipo de tubería empleado para cada sección de la instalación se distribuye de la siguiente manera:

Para el sexto piso:

- Para el tramo ubicado desde el tablero de distribución de iluminación hasta el interruptor de control de iluminación, la tubería debe ser PVC SCH40 de $\frac{3}{4}$ ".
- Para el tramo que va desde el interruptor hasta la caja de paso la tubería debe ser IMC de $\frac{3}{4}$ ".
- Para el tramo que va desde la caja de paso y se distribuye por todo el perímetro de la terraza (aloja el cableado para iluminación de los senderos), la tubería debe ser de tipo IMC de $\frac{1}{2}$ " e instalarse sobrepuesta en la pared a una altura de 0.54 m y soportada con grapas-abrazaderas doble ojo galvanizadas de $\frac{1}{2}$ " separadas una de otra entre 1,5 m y 2 m.
- Para el tramo que va desde la caja de paso y se distribuye para la iluminación de las áreas verdes, la tubería debe ser PVC SCH40 de $\frac{1}{2}$ ".
- Para el tramo que va desde el tablero de distribución de iluminación y se distribuye hasta las salidas de tomacorrientes la tubería debe ser PVC SCH40 de $\frac{3}{4}$ ".

Para el quinto piso:

- Para el tramo que va desde el tablero de distribución TN5 ubicado en el cuarto técnico del quinto piso, hasta la caja de paso de la terraza la tubería debe ser EMT de $\frac{3}{4}$ " e instalarse sobrepuesta en la pared y techo (según segmento) soportada con grapas-abrazaderas doble ojo galvanizadas de $\frac{3}{4}$ " separadas una de otra entre 1,5 m y 2 m.
- Para el tramo que va desde el interruptor hasta la caja de paso la tubería debe ser IMC de $\frac{3}{4}$ ".

- Para el tramo que va desde la caja de paso y se distribuye por todo el perímetro de la terraza (aloja el cableado para iluminación de los senderos), la tubería debe ser de tipo IMC de 3/4" e instalarse sobrepuesta en la pared a una altura de 0.54 m y soportada con grapas-abrazaderas doble ojo galvanizadas de 3/4" separadas una de otra entre 1,5 m y 2 m.
- Para el tramo que va desde la caja de paso y se distribuye para la iluminación de las áreas verdes, la tubería debe ser PVC SCH40 de 3/4".
- Para el tramo que va desde el tablero de distribución de iluminación y se distribuye hasta las salidas de tomacorrientes la tubería debe ser PVC SCH40 de 3/4".

Notas: Adicional a las especificaciones anteriores debe cumplirse lo siguiente:

- Los segmentos de tubería PVC SCH40 que por la disposición de las cajas de paso o demás puntos de conexión queden expuestas a la vista, deben reemplazarse por tubería IMC del mismo calibre.
- Toda la tubería PVC debe ir incrustada sobre la capa vegetal de las terrazas (una vez considerada la nota anterior). Según literal 20.6.1.2-f del RETIE, la tubería PVC (no metálica) no puede quedar expuesta directamente al sol.
- En las tuberías PVC, IMC o EMT se deben utilizar adaptadores terminales del mismo tipo y diámetro de la tubería, en todos los extremos que lleguen a cajas de salida.

6.1.8 Conexiones: En la conexión de conductores para tomacorrientes monofásicos se tendrá en cuenta la polaridad del aparato, dejando el terminal del neutro a la izquierda o abajo de un observador colocado frente a la salida.

Todas las conexiones deberán hacerse en una caja de inspección y no debe quedar dentro de la canalización, deben hacerse con los conectores apropiados o en su defecto se deberán soldar mediante estaño y recubrir con cinta aislante de tal manera que se garantice su protección eléctrica y mecánica.

6.1.9 Identificación del tablero de distribución y los circuitos ramales: La identificación del tablero de distribución de iluminación debe realizarse con un acrílico de marcación, indicando el nombre del tablero y tipo de red que distribuye. Además, el tablero debe contar en la superficie exterior de la puerta con el símbolo de riesgo eléctrico.

Al interior del tablero de distribución de iluminación deben encontrarse plenamente identificados los circuitos ramales de la siguiente forma:

- Circuito 1 - Áreas de trabajo- sexto Piso
- Circuito 2 - Áreas de senderos y áreas verdes –sexto piso

De igual forma, en el tablero de distribución TN5 se deben identificar la protección de la acometida que viene desde el tablero de distribución de iluminación (sexto piso) y los circuitos ramales provenientes de la terraza del quinto piso.

- Circuito 14 - Tablero de distribución de iluminación.
- Circuito 15 - Áreas de trabajo- quinto piso
- Circuito 16 - Áreas de senderos y áreas verdes –quinto piso.

6.1.10 Tableros y gabinetes eléctricos: Los tableros eléctricos y gabinetes dispuestos en las terrazas deben obedecer a las siguientes especificaciones:

Tableros: Tablero de distribución monofásico para 4 circuitos de marca LEGRAND LUMINEX, referencia TML-4B0. Las dimensiones consignadas en la Tabla 39 se describen por el fabricante en la Figura 41.

Las características técnicas del tablero TML-4BO son:

- Corriente de corto I_{sc} : 10 kA
- Tensión de aislamiento 300 V
- Encerramiento IP 20 / IK 05
- Caja en lamina de acero galvanizado

- 3 barrajes: Barra para fase + barra para neutro + barra para tierra
- Corriente máxima del barraje $I_{b_{max}}$: 75 A
- Tensión de operación: 120-240 V~

Figura 41. Dimensiones constructivas tableros de distribución LEGRAND.

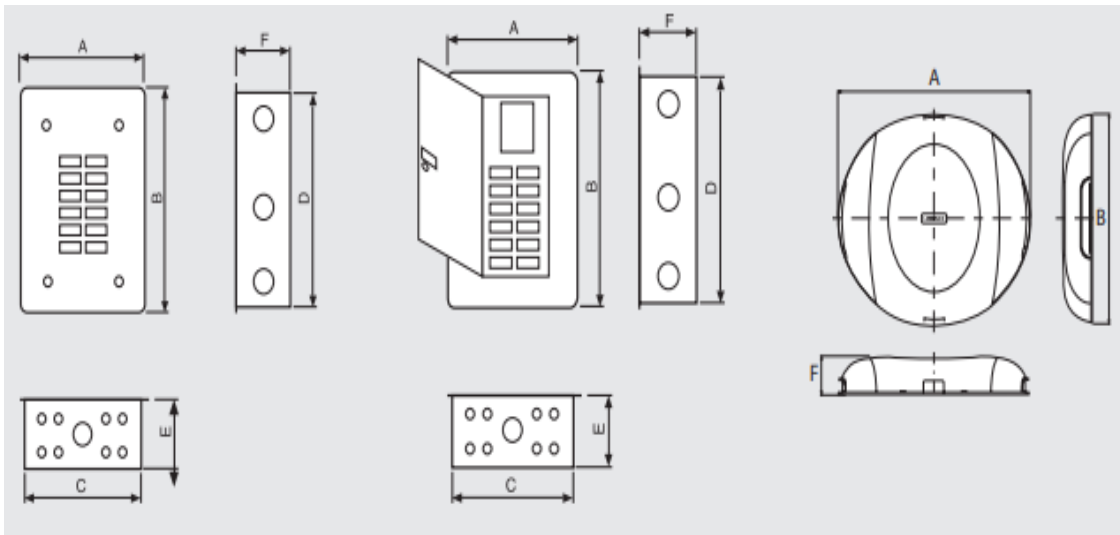



Tabla 39. Dimensiones tablero LEGRAND TML-4B0.


	Dimensiones [mm]	
	A (ancho tapa)	278
B (alto tapa)	208	
C (ancho caja)	260	
D (alto caja)	190	
E (profundidad)	61	
F (profundidad total)	63	

Gabinetes: Gabinetes metálicos herméticos de marca LEGRAND, línea Atlantic3, de referencias 039900 y 039902, con las siguientes características técnicas:

- Material: Acero laminado en frío
- Encerramiento IP66 / IK10




Las dimensiones de los gabinetes Atlantic3, se relacionan según la referencia, en la Tabla 40.


Tabla 40. Dimensiones gabinetes Atlantic³.

	Referencia	Dimensiones [mm]		
		A (alto)	B (ancho)	C (profundidad)
	039900	320	220	150
	039902	420	320	200

6.1.11 Aparatos de control y salida: La tabla 41, presenta los aparatos de salida, incluidos en la instalación.

Tabla 41. Especificaciones aparatos de salida.

Descripción		Marca	Referencia
	Interruptor doble 10 AX, 250V	LEGRAND, línea Ambia Refresh	686312
	Interruptor sencillo 10AX, 250 V	LEGRAND, línea Ambia Refresh.	686310
	Tomacorriente doble con polo a tierra con tapa.	LEGRAND, línea Pass & Seymour	CA8-GH (Tapa) 3232-W(Toma)

	Interruptores termomagnéticos monopolares de 15 A	LEGRAND, línea Safic DSA-10KA 120/240V.	DSA-1015
	Interruptores termomagnéticos monopolares de 20 A	LEGRAND, línea Safic DSA-10KA 120/240V.	DSA-1020

6.1.12 Iluminación: Las luminarias empleadas para implementar el sistema de iluminación deben ser del tipo, marca y referencia, según lo establecido en la Tabla 42.

Tabla 42. Luminarias empleadas.

Descripción	Marca	Referencias
Luminaria tipo tortuga Led	Sylvania	LED tortuga 5.5W LED tortuga 10 W
Luminaria tipo bolardo Led	Proton	D-69 LED
Reflector LED	Sylvania	Reflector LED 30W Reflector LED 50W

6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Esta sección incluye la descripción de las especificaciones particulares, correspondientes a cada capítulo y actividad planteada para el cálculo de APU's y obtención del presupuesto.

En los siguientes numerales, se denominan como unidades generales, al grupo de actividades unitarias (unidades constructivas) conformadas por los recursos necesarios para la construcción de las mismas. Es importante resaltar que, las cantidades de los elementos que conforman cada actividad se incluyen en los APU's.

6.2.1 Unidad general 1- Instalaciones eléctricas: Esta unidad general, contiene las especificaciones técnicas de las salidas de iluminación y tomacorrientes dispuestas en las terrazas.

Actividad 1.1: Salida luminaria LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W - Terraza sexto piso: Salida de iluminación para los senderos de la terraza del sexto piso, que se distribuye por todo el perímetro de la terraza. La construcción de esta salida incluye el uso de los siguientes recursos:

- 2 conductores de alambre de cobre THHN #12 AWG, 1 para la fase y 1 para el neutro.
- 1 conductor de alambre de cobre THHN #14 AWG verde para la tierra.
- Conectores autodesforre para realizar derivaciones.
- Tubo IMC de 1/2"
- Curva IMC de 1/2"
- Terminal IMC adaptador de 1/2"
- Unión IMC de 1/2"
- Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)
- Suplemento(tapa) para caja metálica.
- Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 1/2"
- Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela
- Chazo plástico de 1/2"
- Luminaria de tipo tortuga de 10W
- Interruptor doble 10 AX, 250V
- Cinta 3M-23 para aislar las conexiones.
- Cinta plástica de seguridad
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio
- Accesorios de montaje. identificación y conexionado.

Actividad 1.2. Salida luminaria LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W - Terraza quinto piso: La configuración y distribución de esta salida en la terraza del quinto piso se realiza de igual forma a la de la salida de la Actividad 1.1, por tanto, los recursos necesarios para su construcción son los mismos, pero varían las cantidades de cada uno.

Actividad 1.3. Salida tomacorriente – reflector LED JETA ECO 50W: Salida de tomacorrientes dispuesta para la conexión de los reflectores y ubicada debajo de cada unidad de paneles fotovoltaicos. La construcción de esta salida incluye el uso de los siguientes recursos:

- 2 conductores de alambre de cobre THHN #14 AWG, 1 para la fase y 1 para el neutro.
- 1 conductor de alambre de cobre THHN #14 AWG verde para la tierra.
- Conectores autodesforre para realizar derivaciones
- Tubo PVC-SCH 40 de 3/4"
- Terminales adaptador PVC-SCH 40 de 3/4"
- Uniones PVC-SCH 40 de 3/4"
- Curvas PVC-SCH 40 de 3/4"
- Cajas plásticas rectangulares (105 mm x 52 mm x 66 mm) para instalar tomacorrientes e interruptores
- Soldadura PVC
- Tornillos galvanizados de 1X1/2" con arandela
- Chazos plásticos de 1/2"
- Gabinete metálico Atlantic3 (320 x 220 x 150 mm)
- Interruptor sencillo 10 AX, 250V
- Tomacorriente doble con polo a tierra 15A, 125V para la conexión de los reflectores.
- Tapa intemperie para tomacorriente.

- Reflector LED JETA de 50W
- Cinta 3M-23 para aislar las conexiones
- Cinta plástica de seguridad
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio
- Accesorios de montaje. identificación y conexionado.

Actividad 1.4. Salida tomacorriente – reflector LED JETA ECO 30W: Salida de tomacorriente dispuesta para la conexión de los reflectores y ubicada debajo del panel fotovoltaico de la terraza del quinto piso. La construcción de esta salida incluye el uso de los mismos recursos definidos para la salida de la Actividad 1.3, a excepción del reflector, que para este caso corresponde al reflector LED JETA de 30W.

Actividad 1.5. Salida luminaria tipo bolardo D-69 OMEGA 48W - Terraza sexto piso: Salida de iluminación para las áreas verdes de la terraza de sexto piso. La construcción de esta salida incluye el uso de los siguientes recursos:

- 2 conductores de alambre de cobre THHN #12 AWG
- 1 conductor de alambre de cobre THHN #14 AWG verde
- Conectores autodesforre para realizar derivaciones
- Tubo PVC-SCH 40 de 3/4"
- Terminales adaptador PVC-SCH 40 de 3/4"
- Uniones PVC-SCH 40 de 3/4"
- Curvas PVC-SCH 40 de 3/4"
- Tubo IMC de 1/2"
- Curva IMC de 1/2"
- Terminal IMC adaptador de 1/2"
- Unión IMC de 1/2"
- Soldadura PVC
- Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)

- Luminaria tipo bolardo omega de 48W
- Pernos de anclaje para luminaria tipo bolardo omega de 48W
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio
- Accesorios de montaje. identificación y conexionado.

Actividad 1.6. Salida luminaria tipo bolardo D-69 OMEGA 48W - Terraza sexto piso:

Salida de iluminación para las áreas verdes de la terraza de sexto piso. La construcción de esta salida incluye el uso de los mismos recursos definidos para la salida de la Actividad 1.5.

6.2.2 Unidad general 2 – Tableros: Esta unidad general, contiene las especificaciones técnicas de las salidas asociadas a los tableros o a la conexión de los circuitos ramales.

Actividad 2.1. Tablero monofásico: Esta actividad comprende el tablero monofásico dispuesto en la terraza del sexto piso para la conexión de los circuitos ramales asociados a las salidas de iluminación de esta terraza. La construcción y montaje del tablero de distribución, incluye el uso de los siguientes recursos:

- Interruptores termomagnéticos monopolares DSA-1015
- Tablero de distribución monofásico trifilar de cuatro circuitos, TML-4B0
- Gabinete metálico Atlantic3 (320 mm x 220 mm x 150 mm)
- Acrílico de marcación
- Letrero de riesgo eléctrico
- Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela
- Chazo plástico de 3/4"
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio

- Accesorios de montaje, identificación y conexión

Actividad 2.2. Circuitos terraza quinto piso - TN5: Esta actividad incluye la instalación eléctrica que lleva los circuitos ramales de la terraza del quinto piso, en el segmento comprendido entre el interruptor y el tablero TN5. La construcción y montaje del tablero de distribución, incluye el uso de los siguientes recursos:

- Interruptores termomagnéticos monopoles DSA-1015
- 2 conductores de alambre de cobre THHN #12 AWG, 1 para la fase y 1 para el neutro del circuito que alimenta las luminarias de los senderos y áreas verdes.
- 2 conductores de alambre de cobre THHN #14 AWG para la fase o
- Tubo EMT de 3/4" X 3m
- Terminal EMT adaptador de 3/4"
- Unión EMT de 3/4"
- Curva EMT de 3/4"
- Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"
- Acrílico de marcación
- Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela
- Chazo plástico de 3/4"
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio
- Accesorios de montaje. identificación y conexión.

6.2.3 Unidad general 3 – Acometidas: Esta unidad general, contiene la actividad correspondiente a la acometida, que va desde el tablero de distribución (para iluminación), hasta el tablero TN5, definido como el punto conexión a la instalación eléctrica existente.

Actividad 3.1. Acometida TD-TN5: Esta actividad incluye el cableado, canalizaciones y protección de la acometida.

- Interruptores termomagnéticos monopolares DSA-1020
- 2 conductores de alambre de cobre THHN #12 AWG, 1 para la fase y 1 para el neutro.
- 1 conductor de alambre de cobre THHN #12 AWG verde para la tierra.
- Tubo EMT de 3/4"
- Terminal adaptador EMT de 3/4"
- Unión EMT de 3/4"
- Curva EMT de 3/4"
- Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"
- Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela
- Chazo plástico de 3/4"
- Mano de obra calificada (cuadrilla)
- Transporte de elementos al sitio
- Accesorios de montaje. identificación y conexiónado.

6.3 RECURSOS

Con base en las especificaciones técnicas realizadas y en las unidades generales planteadas, los recursos necesarios para la construcción física de cada uno de los elementos del sistema de iluminación y sus precios, se numeran y presentan de manera ordenada en la Tabla 43.

Tabla 43. Recursos de obra para la construcción del sistema.

Proyecto:	SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TERRAZAS VERDES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA UIS		
Descripción:	Listado de recursos		
Contratante:	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
Fecha:	Mayo de 2018		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	V. UNITARIO
1	Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 1/2"	und	\$ 200,00
2	Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"	und	\$ 257,00
3	Accesorios	glb	\$ 1.000,00
4	Acrílico de marcación	und	\$ 1.000,00
5	Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	\$ 1.137,00

6	Alambre de cobre THHN #12 AWG verde	ml	\$ 1.137,00
7	Alambre de cobre THHN #14 AWG	ml	\$ 790,00
8	Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	\$ 790,00
9	Caja de paso (15 x 15 x 10 cm)	und	\$ 29.900,00
10	Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)	und	\$ 1.230,00
11	Caja plástica rectangular (105 x 52 x 66 mm)	und	\$ 360,00
12	Chazo plástico de 1/2"	und	\$ 100,00
13	Chazo plástico de 3/4"	und	\$ 120,00
14	Cinta 3M-23	und	\$ 20.360,00
15	Cinta plástica de seguridad	ml	\$ 75,00
16	Conector autodesforre	und	\$ 500,00
17	Cuadrilla	jnl	\$ 120.000,00
18	EMT - Curva de 3/4"	und	\$ 1.550,00
19	EMT - Terminal adaptador de 3/4"	und	\$ 1.050,00
20	EMT - Tubo de 3/4" X 3m	und	\$ 15.400,00
21	EMT - Unión de 3/4"	und	\$ 800,00
22	Gabinete metálico Atlantic3 (320 x 320 x 150 mm)	und	\$ 177.300,00
23	Gabinete metálico Atlantic3 (420 x 320 x 200 mm)	und	\$ 246.600,00
24	Herramientas	glb	\$ 1.000,00
25	IMC - Curva de 1/2"	und	\$ 3.100,00
26	IMC - Terminal adaptador de 1/2"	und	\$ 2.200,00
27	IMC - Tubo de 1/2" X 3m	und	\$ 20.950,00
28	IMC - Unión de 1/2"	und	\$ 900,00
29	Interruptor doble 10 AX, 250V con tapa	und	\$ 14.500,00
30	Interruptor sencillo 10 AX, 250V con tapa	und	\$ 10.250,00
31	Interruptor termomagnético monopolaes DSA-1015	und	\$ 21.900,00
32	Interruptor termomagnético monopolaes DSA-1020	und	\$ 21.900,00
33	Letrero de peligro	und	\$ 1.000,00
34	Luminaria de tipo tortuga de 10W	und	\$ 24.950,00
35	Luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	\$ 436.168,00
36	Pernos de anclaje para luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	\$ 17.413,00
37	PVC-SCH 40 - Curva de 1/2"	und	\$ 903,00
38	PVC-SCH 40 - Curva de 3/4"	und	\$ 1.800,00
39	PVC-SCH 40 - Terminal adaptador de 1/2"	und	\$ 335,00
40	PVC-SCH 40 - Terminal adaptador de 3/4"	und	\$ 450,00
41	PVC-SCH 40 - Tubo de 1/2" X 3m	und	\$ 8.000,00
42	PVC-SCH 40 - Tubo de 3/4" X 3m	und	\$ 6.000,00
43	PVC-SCH 40 - Unión de 1/2"	und	\$ 430,00
44	PVC-SCH 40 - Unión de 3/4"	und	\$ 500,00
45	Reflector led jeta de 30W	und	\$ 45.314,00
46	Reflector led jeta de 50W	und	\$ 64.956,00
47	Soldadura PVC 1/4 gln	gln	\$ 14.500,00
48	Suplemento	und	\$ 700,00
49	Tablero de distribución monofásico trifilar de cuatro circuitos, TML-4B0	und	\$ 39.630,00
50	Tapa para interruptor sencillo de intemperie	und	\$ 5.000,00
51	Tapa para tomacorriente de intemperie	und	\$ 5.400,00
52	Tomacorriente doble con polo a tierra 15A 125V	und	\$ 17.200,00
53	Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela	und	\$ 260,00
54	Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela	und	\$ 290,00
55	Transporte	glb	\$ 80.000,00

6.4 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Con el fin de presentar claramente, el presupuesto total necesario para la construcción del proyecto, se realiza de manera discriminada, un análisis de precios unitarios (APU), considerando las unidades generales y las actividades específicas, establecidas en la Sección 6.2. Cada actividad unitaria contiene, los recursos, las cantidades y el valor económico asociado a su construcción.

6.4.1 APU's – Unidad general 1(Instalaciones Eléctricas): Contiene las actividades asociadas a las salidas de iluminación para cada una de las zonas de las terrazas. Los APU's para las salidas de iluminación se presentan en las tablas 44 a 49.

Tabla 44. APU - Actividad 1.1 salida luminaria Tortuga sexto piso.

1.1 SALIDA LUMINARIA LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W - Terraza sexto piso						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	7.50	10%	8.25	\$ 1,137.00	\$ 9,380.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	2.50	10%	2.75	\$ 790.00	\$ 2,173.00
Conector autodesforre	und	3.00	0%	3.00	\$ 500.00	\$ 1,500.00
IMC - Tubo de 1/2" X 3m	und	0.84	10%	0.92	\$ 20,950.00	\$ 19,358.00
IMC - Curva de 1/2"	und	0.18	0%	0.18	\$ 3,100.00	\$ 558.00
IMC - Terminal adaptador de 1/2"	und	2.10	0%	2.10	\$ 2,200.00	\$ 4,620.00
IMC - Unión de 1/2"	und	1.00	0%	1.00	\$ 900.00	\$ 900.00
Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,230.00	\$ 1,230.00
Suplemento	und	1.00	0%	1.00	\$ 700.00	\$ 700.00
Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 1/2"	und	2.00	0%	2.00	\$ 200.00	\$ 400.00
Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela	und	8.00	0%	8.00	\$ 260.00	\$ 2,080.00
Chazo plástico de 1/2"	und	8.00	0%	8.00	\$ 100.00	\$ 800.00
Luminaria de tipo tortuga de 10W	und	1.00	0%	1.00	\$ 24,950.00	\$ 24,950.00
Interruptor doble 10 AX, 250V	und	0.02	0%	0.02	\$ 14,500.00	\$ 276.00
Cinta 3M-23	und	0.01	10%	0.01	\$ 20,360.00	\$ 260.00
Cinta plástica de seguridad	ml	5.00	10%	5.50	\$ 75.00	\$ 413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 94,148.00

Tabla 45. APU – Actividad 1.2 salida luminaria Tortuga quinto piso.

1.2 SALIDA LUMINARIA LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W – Terraza quinto piso						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	5.00	10%	5.50	\$ 1,137.00	\$ 6,254.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	2.50	10%	2.75	\$ 790.00	\$ 2,173.00
Conector autodesforre	und	3.00	0%	3.00	\$ 500.00	\$ 1,500.00
IMC – Tubo de ½" X 3m	und	1.00	10%	1.10	\$ 20,950.00	\$ 23,045.00
IMC – Curva de ½"	und	0.18	0%	0.18	\$ 3,100.00	\$ 558.00
IMC – Terminal adaptador de ½"	und	2.21	0%	2.21	\$ 2,200.00	\$ 4,862.00
IMC – Unión de ½"	und	1.00	0%	1.00	\$ 900.00	\$ 900.00
Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,230.00	\$ 1,230.00
Suplemento	und	1.00	0%	1.00	\$ 700.00	\$ 700.00
Abrazaderas – grapa metálica galvanizada doble ojo de ½"	und	2.00	0%	2.00	\$ 200.00	\$ 400.00
Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela	und	8.00	0%	8.00	\$ 260.00	\$ 2,080.00
Chazo plástico de ½"	und	8.00	0%	8.00	\$ 100.00	\$ 800.00
Luminaria de tipo tortuga de 10W	und	1.00	0%	1.00	\$ 24,950.00	\$ 24,950.00
Interruptor doble 10 AX, 250V	und	0.05	0%	0.05	\$ 14,500.00	\$ 754.00
Cinta 3M-23	und	0.01	10%	0.01	\$ 20,360.00	\$ 260.00
Cinta plástica de seguridad	ml	5.00	10%	5.50	\$ 75.00	\$ 413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 95,429.00

Tabla 46. APU - Actividad 1.3 salida toma-reflector 50 W.

1.3 SALIDA TOMACORRIENTE - REFLECTOR LED JETA ECO 50W						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #14 AWG	ml	23.00	10%	25.30	\$ 790.00	\$ 19,987.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	11.50	10%	12.65	\$ 790.00	\$ 9,994.00
Conector autodesforre	und	3.00	0%	3.00	\$ 500.00	\$ 1,500.00
PVC-SCH 40 - Tubo de 3/4" X 3m	und	7.67	10%	8.44	\$ 6,000.00	\$ 50,622.00
PVC-SCH 40 - Terminal adaptador de 3/4"	und	3.00	0%	3.00	\$ 450.00	\$ 1,350.00
PVC-SCH 40 - Unión de 3/4"	und	3.50	0%	3.50	\$ 500.00	\$ 1,750.00
PVC-SCH 40 - Curva de 3/4"	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
Caja plástica rectangular (105 x 52 x 66 mm)	und	0.50	0%	0.50	\$ 360.00	\$ 180.00

Caja plástica rectangular (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 360.00	\$ 360.00
Soldadura PVC 1/4 gln	gln	0.12	0%	0.12	\$ 14,500.00	\$ 1,740.00
Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela	und	6.00	0%	6.00	\$ 260.00	\$ 1,560.00
Chazo plástico de 1/2"	und	6.00	0%	6.00	\$ 100.00	\$ 600.00
Gabinete metálico Atlantic3 (320 x 320 x 150 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 177,300.00	\$ 177,300.00
Interruptor sencillo 10 AX, 250V	und	0.5	0%	1.00	\$ 10,250.00	\$ 5,125.00
Tomacorriente doble con polo a tierra 15A 125V	und	1.00	0%	1.00	\$ 5,400.00	\$ 5,400.00
Tapa para tomacorriente de intemperie	und	1.00	0%	0.50	\$ 17,200.00	\$ 17,200.00
Reflector led jeta de 50W	und	1.50	0%	1.50	\$ 64,956.00	\$ 97,434.00
Cinta 3M-23	und	0.01	10%	0.01	\$ 20,360.00	\$ 260.00
Cinta plástica de seguridad	ml	5.00	10%	5.50	\$ 75.00	\$ 413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 419,125.00

Tabla 47. APU - Actividad 1.4 salida toma-reflector 30 W.

1.4 SALIDA TOMACORRIENTE - REFLECTOR LED JETA ECO 30W						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #14 AWG	ml	26.00	10%	28.60	\$ 790.00	\$ 22,594.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	13.00	10%	14.30	\$ 790.00	\$ 11,297.00
Conector autodesforre	und	6.00	0%	6.00	\$ 500.00	\$ 3,000.00
Acrílico de marcación	und	8.67	0%	8.67	\$ 1,000.00	\$ 8,670.00
PVC-SCH 40 - Terminal adaptador de 1/2"	und	4.00	0%	4.00	\$ 335.00	\$ 1,340.00
PVC-SCH 40 - Unión de 1/2"	und	8.70	0%	8.70	\$ 430.00	\$ 3,741.00
PVC-SCH 40 - Curva de 1/2"	und	2.00	0%	2.00	\$ 903.00	\$ 1,806.00
Caja plástica rectangular (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 360.00	\$ 360.00
Caja plástica rectangular (105 x 52 x 66 mm)	und	2.00	0%	2.00	\$ 360.00	\$ 720.00
Soldadura PVC 1/4 gln	gln	0.16	0%	0.16	\$ 14,500.00	\$ 2,320.00
Tornillo galvanizado de 1X1/2" con arandela	und	8.00	0%	8.00	\$ 260.00	\$ 2,080.00
Chazo plástico de 1/2"	und	8.00	0%	8.00	\$ 100.00	\$ 800.00
Gabinete metálico Atlantic3 (320 x 320 x 150 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 177,300.00	\$ 177,300.00
Interruptor sencillo 10 AX, 250V	und	1.00	0%	1.00	\$ 10,250.00	\$ 10,250.00
Tomacorriente doble con polo a tierra 15A 125V	und	2.00	0%	2.00	\$ 5,400.00	\$ 10,800.00
Tapa para tomacorriente de intemperie	und	2.00	0%	2.00	\$ 17,200.00	\$ 34,400.00
Reflector led jeta de 30W	und	2.00	0%	2.00	\$ 45,314.00	\$ 90,628.00
Cinta 3M-23	und	0.01	10%	0.01	\$ 20,360.00	\$ 260.00
Cinta plástica de seguridad	ml	5.00	10%	5.50	\$ 75.00	\$ 413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00

Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 407,329.00

Tabla 48. APU - Actividad 1.5 salida luminaria D-69 sexto piso.

1.5 SALIDA LUMINARIA TIPO BOLARDO D-69 OMEGA 48W – Terraza sexto piso						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	26.00	10%	28.60	\$ 1,137.00	\$ 32,518.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	13.00	10%	14.30	\$ 790.00	\$ 11,297.00
Conector autodesforre	und	6.00	0%	6.00	\$ 500.00	\$ 3,000.00
PVC-SCH 40 – Tubo de ¾" X 3m	und	2.67	10%	2.94	\$ 6,000.00	\$ 17,622.00
PVC-SCH 40 – Terminal adaptador de ¾"	und	4.00	0%	4.00	\$ 450.00	\$ 1,800.00
PVC-SCH 40 – Unión de ¾"	und	2.70	0%	2.70	\$ 500.00	\$ 1,350.00
PVC-SCH 40 – Curva de ¾"	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
IMC – Tubo de ½" X 3m	und	1.67	10%	1.84	\$ 20,950.00	\$ 38,485.00
IMC – Terminal adaptador de ½"	und	2.50	0%	2.50	\$ 2,200.00	\$ 5,500.00
IMC – Unión de ½"	und	1.80	0%	1.80	\$ 900.00	\$ 1,620.00
Soldadura PVC ¼ gln	gln	0.05	0%	0.05	\$ 14,500.00	\$ 725.00
Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,230.00	\$ 1,230.00
Luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	1.00	0%	1.00	\$ 436,168.00	\$ 436,168.00
Pernos de anclaje para luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	1.00	0%	1.00	\$ 17,413.00	\$ 17,413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 595,078.00

Tabla 49. APU - Actividad 1.6 salida luminaria D-69 quinto piso.

1.6 SALIDA LUMINARIA TIPO BOLARDO D-69 OMEGA 48W - Terraza quinto piso						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	27.20	10%	29.92	\$ 790.00	\$ 23,637.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG verde	ml	13.60	10%	14.96	\$ 790.00	\$ 11,818.00
Conector autodesforre	und	3.00	0%	3.00	\$ 500.00	\$ 1,500.00
PVC-SCH 40 - Terminal adaptador de 1/2"	und	3.07	0%	3.07	\$ 335.00	\$ 1,028.00
PVC-SCH 40 - Curva de 1/2"	und	0.50	0%	0.50	\$ 903.00	\$ 452.00
PVC-SCH 40 - Tubo de 1/2" X 3m	und	5.00	10%	5.50	\$ 8,000.00	\$ 44,000.00
PVC-SCH 40 - Unión de 1/2"	und	5.00	0%	5.00	\$ 430.00	\$ 2,150.00
Soldadura PVC 1/4 gln	gln	0.08	0%	0.08	\$ 14,500.00	\$ 1,160.00

Caja metálica rectangular galvanizada (105 x 52 x 66 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,230.00	\$ 1,230.00
Luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	1.00	0%	1.00	\$ 436,168.00	\$ 436,168.00
Pernos de anclaje para luminaria tipo bolardo omega de 48W	und	1.00	0%	1.00	\$ 17,413.00	\$ 17,413.00
Cinta 3M-23	und	0.01	10%	0.01	\$ 20,360.00	\$ 260.00
Cinta plástica de seguridad	ml	5.00	10%	5.50	\$ 75.00	\$ 413.00
Cuadrilla	jnl	0.13	0%	0.13	\$ 170,000.00	\$ 21,590.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 565,779.00

6.4.2 APU's Unidad general 2(Tableros de distribución): Contiene 2 actividades, la primera, asociada al tablero de distribución para iluminación. La segunda, para la conexión de los circuitos ramales de la terraza del quinto piso al tablero TN5. Los APU's correspondientes a estas actividades se describen en las tablas 50 y 51.

Tabla 50. APU - Actividad 2.1 Tablero de distribución.

2.1		TABLERO 1F 4P				
Descripción	Ud.	Cantidad	%Disp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Interruptores termomagnéticos monopolares DSA-1015	und	2.00	0%	2.00	\$ 21,900.00	\$ 43,800.00
Tablero de distribución monofásico trifilar de cuatro circuitos, TML-4B0	und	1.00	0%	1.00	\$ 39,630.00	\$ 39,630.00
Gabinete metálico Atlantic3 (320 x 320 x 150 mm)	und	1.00	0%	1.00	\$ 177,300.00	\$ 177,300.00
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	33.00	10%	36.30	\$ 1,137.00	\$ 41,273.00
Alambre de cobre THHN #12 AWG verde	ml	16.50	10%	18.15	\$ 1,137.00	\$ 20,637.00
Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"	und	6.00	0%	6.00	\$ 257.00	\$ 1,542.00
Acrílico de marcación	und	4.00	0%	4.00	\$ 1,000.00	\$ 4,000.00
Letrero de peligro	und	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela	und	16.00	0%	16.00	\$ 290.00	\$ 4,640.00
Chazo plástico de 3/4"	und	16.00	0%	16.00	\$ 120.00	\$ 1,920.00
Cuadrilla	jnl	0.38	0%	0.38	\$ 170,000.00	\$ 63,750.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 339,000.00

Tabla 51. APU - Actividad 2.2 circuitos terraza quinto p

2.2 CIRCUITOS TERRAZA DEL QUINTO PISO - TN5						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Interruptores termomagnéticos monopolares DSA-1015	und	2.00	0%	2.00	\$ 21,900.00	\$ 43,800.00
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	36.00	10%	39.60	\$ 1,137.00	\$ 45,025.00
Alambre de cobre THHN #14 AWG	ml	36.00	10%	39.60	\$ 790.00	\$ 31,284.00
EMT - Tubo de 3/4" X 3m	und	3.00	10%	3.30	\$ 15,400.00	\$ 50,820.00
EMT - Terminal adaptador de 3/4"	und	2.00	0%	2.00	\$ 1,050.00	\$ 2,100.00
EMT - Unión de 3/4"	und	3.00	0%	3.00	\$ 800.00	\$ 2,400.00
EMT - Curva de 3/4"	und	2.00	0%	2.00	\$ 1,550.00	\$ 3,100.00
Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"	und	3.00	0%	3.00	\$ 257.00	\$ 771.00
Acrílico de marcación	und	3.00	0%	3.00	\$ 1,000.00	\$ 3,000.00
Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela	und	10.00	0%	10.00	\$ 290.00	\$ 2,900.00
Chazo plástico de 3/4"	und	10.00	0%	10.00	\$ 120.00	\$ 1,200.00
Cuadrilla	jnl	0.19	0%	0.19	\$ 170,000.00	\$ 31,875.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 220,275.00

6.4.3 APU's Unidad general 3 (Acometidas): Contiene solamente la actividad asociada a la acometida o conexión entre el tablero de distribución (para iluminación) y el tablero TN5. El APU para esta actividad se describe en la Tabla 52.

Tabla 52. APU - Actividad 3.1 Acometida TD-TN5.

3.1 RED 3#12 Cu AWG - TDI - TN5						
Descripción	Ud.	Cantidad	%Desp.	Cant. Real	Precio	Subtotal
Interruptores termomagnéticos monopolares DSA-1020	und	1.00	0%	1.00	\$ 21,900.00	\$ 21,900.00
Alambre de cobre THHN #12 AWG	ml	23.00	10%	25.30	\$ 1,137.00	\$ 28,766.00
Alambre de cobre THHN #12 AWG verde	ml	11.50	10%	12.65	\$ 1,137.00	\$ 14,383.00
EMT - Tubo de 3/4" X 3m	und	3.83	10%	4.21	\$ 15,400.00	\$ 64,880.00
EMT - Terminal adaptador de 3/4"	und	2.00	0%	2.00	\$ 1,050.00	\$ 2,100.00
EMT - Unión de 3/4"	und	4.00	0%	4.00	\$ 800.00	\$ 3,200.00
EMT - Curva de 3/4"	und	3.00	0%	3.00	\$ 1,550.00	\$ 4,650.00
Abrazaderas - grapa metálica galvanizada doble ojo de 3/4"	und	6.00	0%	6.00	\$ 257.00	\$ 1,542.00

Tornillo galvanizado de 1X3/4" con arandela	und	12.00	0%	12.00	\$ 290.00	\$ 3,480.00
Chazo plástico de 3/4"	und	12.00	0%	12.00	\$ 120.00	\$ 1,440.00
Cuadrilla	jnl	0.25	0%	0.25	\$ 170,000.00	\$ 42,500.00
Transporte	glb	0.01	0%	0.01	\$ 80,000.00	\$ 960.00
Accesorios	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Herramientas	glb	1.00	0%	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
PRECIO TOTAL ACTIVIDAD						\$ 191,801.00

6.5 PRESUPUESTO TOTAL CONSOLIDADO

Finalmente, tomando como base los APU's realizados, la Tabla 53 presenta el presupuesto total necesario para la construcción del sistema de iluminación. Los porcentajes de AIU fueron tomados de la Tabla 2 del documento **Aproximación metodológica para el cálculo de AIU²⁹** de la Universidad Nacional de Colombia.

Tabla 53. Presupuesto total consolidado.

PROYECTO: SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LAS TERRAZAS VERDES DEL EDIFICIO DE INGENIRÍA ELÉCTRICA UIS					
OBJETO: SUMINISTRO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ILUMINACION Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS CORRESPONDIENTES					
El contratista deberá garantizar la calidad de las instalaciones eléctricas ejecutadas en todo momento de acuerdo con el Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas RETIE expedido por el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, El Código Eléctrico Colombiano Norma NTC 2050, normas de la ESSA y las demás normas vigentes aplicables al objeto del contrato. El contratista debe suministrar todos los insumos equipos y herramienta nuevos y de acuerdo a las especificaciones. En caso de incongruencia entre planos, especificaciones y normatividad vigente, primará las normas legales vigentes y después la de mayor especificación. Las especificaciones son una guía para presentar ofertas pero no exime al contratista de revisar cantidades en planos y notas contenidos en los mismos. Todas las instalaciones deben entregarse revisadas y probadas a satisfacción del contratante.					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V/UNITARIO	V/PARCIAL
1 INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
1.1	SALIDA LUMINARIA LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W - Terraza sexto piso	UND	53	\$ 94,148.00	\$ 4,989,844.00
1.2	SALIDA LUMINARIA LED TORTUGA DL BULKHEAD 10W - Terraza quinto piso	UND	19	\$ 95,429.00	\$ 1,813,151.00
1.3	SALIDA TOMACORRIENTE - REFLECTOR LED JETA ECO 50W	UND	4	\$ 419,125.00	\$ 1,676,500.00
1.4	SALIDA TOMACORRIENTE - REFLECTOR LED JETA ECO 30W	UND	1	\$ 407,329.00	\$ 407,329.00
1.5	SALIDA LUMINARIA TIPO BOLARDO D-69 OMEGA 48W - Terraza sexto piso	UND	4	\$ 595,078.00	\$ 2,380,312.00
1.6	SALIDA LUMINARIA TIPO BOLARDO D-69 OMEGA 48W - Terraza quinto piso	UND	2	\$ 576,161.00	\$ 1,152,322.00
2 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN					
2.1	TABLERO 1F 4P	UND	1	\$ 339,000.00	\$ 339,000.00
2.2	CIRCUITOS TERRAZA DEL QUINTO PISO - TN5	UND	1	\$ 220,275.00	\$ 220,275.00
3 ACOMETIDAS					
3.1	RED 3#12 Cu AWG - TDI - TN5	UND	1	\$ 191,801.00	\$ 191,801.00
SUB TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 13,170,534
ADMINISTRACION			15%		\$ 1,975,580
IMPREVISTOS			5%		\$ 658,527
UTILIDAD			8%		\$ 1,053,643
IVA (19%)			19%		\$ 200,192
TOTAL					\$ 17,058,476

De tal manera que, el presupuesto necesario para la construcción e implementación del sistema de iluminación es de, **diez y siete millones, cincuenta y ocho mil, cuatrocientos setenta y seis pesos colombianos (\$ 17.058.476 Cop).**

²⁹ ROJAS, Miguel. BOHÓRQUEZ Natalia. Aproximación metodológica para el cálculo de AIU. Universidad Nacional de Colombia. Agosto de 2009. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n162/a30v77n162.pdf>

7 CONCLUSIONES

El presente trabajo de grado contiene cada una de las fases del diseño de un sistema de iluminación, soportado en el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente. De los resultados obtenidos mediante el desarrollo de este trabajo, se resaltan a continuación, las conclusiones y consideraciones más importantes:

Se empleó la Norma UNE-EN 12464 -2 como referente técnico-normativo, debido a que presenta de forma detallada las consideraciones y especificaciones necesarias para realizar un diseño de iluminación en diferentes aéreas de trabajo en exteriores. Esto permitió establecer, requisitos de iluminación coherentes con las necesidades visuales de las terrazas verdes. Por el contrario, se encontró que El RETILAP, carece de información técnica detallada para áreas de trabajo en exteriores y por tanto fue empleado solo en algunos aspectos del diseño presentado.

La propuesta de ubicar salidas o tomacorrientes debajo de cada bloque de paneles tiene como ventaja, permitir la conexión y desconexión de los reflectores, así como la conexión de equipos o elementos para inspecciones, pruebas o mantenimientos relacionados con los elementos o dispositivos de los bloques de paneles FV.

El cálculo la instalación eléctrica se realizó con base en la configuración de luminarias recomendada (propuesta No. 2). Además, reconociendo que las luminarias empleadas en esta propuesta son de mayor potencia (en comparación con la propuesta No.1), se garantiza así, que la instalación eléctrica diseñada, funcionara correctamente para cualquiera de las dos propuestas de sistema de iluminación.

Debido a que el muro lateral (perimetral) de las dos terrazas, tiene una altura muy baja (cerca de 60 cm), las luminarias dispuestas allí para la iluminación de los senderos, no se pueden distanciar más de 2 m entre sí. Para separaciones mayores los requisitos de mínimos de iluminación establecidos no se cumplen.

Se encontró que, el criterio de uniformidad definido normativamente no suministra para todos los casos información clara de la distribución de la iluminación en un área de cálculo seleccionada, debido a que se calcula relacionando valores específicos de iluminancia mínima e iluminancia media, discriminando así, la relación entre segmentos del área con niveles adecuados de iluminación y segmentos con iluminación deficiente (inferior a los criterios mínimos exigidos). Un único punto en el área de cálculo, en el que se presente una sombra, obtendrá un valor de iluminancia muy bajo; este no incide significativamente en el valor de iluminancia media (promedio), pero afecta considerablemente el valor de uniformidad, al punto de desligar completamente el valor numérico obtenido, del resultado visual real.

8 RECOMENDACIONES

Para la instalación y correcta implementación del sistema de iluminación diseñado, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que se atiendan todos los detalles especificados en el diseño, para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema de iluminación. Es decir, se recomienda que la configuración de luminarias sea la que seleccionada en el desarrollo del trabajo y la instalación eléctrica, corresponda a lo establecido en los planos anexados para cada una de las terrazas.
- En caso de ser necesario adaptar o realizar modificaciones al diseño inicial, estas modificaciones no podrán afectar los resultados técnicos y el aspecto estético del sistema de iluminación, ni de la instalación eléctrica asociada.

Con base en la experiencia obtenida por medio del desarrollo del presente trabajo, así como la información y bibliografía consultada, se considera importante que para el desarrollo de proyectos que incluyan el diseño de sistemas de iluminación para espacios exteriores, se atiendan las siguientes recomendaciones:

- Realizar una visita y revisión preliminar del espacio a iluminar, reconocer las facilidades e inconvenientes para realizar la instalación de soportes y luminarias según se desee. Un sistema de iluminación siempre debe garantizar que se conserve y se mejore el aspecto estético del espacio a iluminar.
- Para la selección de luminarias adecuadas, es importante reconocer el mercado local marcas y fabricantes con experiencia certificada, la tendencia de uso en proyectos del mismo tipo y que el costo no exceda el presupuesto destinado. Se recomienda el uso de tecnología LED.

- Si en el área al iluminar se proyecta la realización de diferentes actividades y tareas visuales, debe evaluarse si es más conveniente iluminar parcialmente según la tarea visual o iluminar de manera general toda el área.
- Es importante establecer unas distancias adecuadas entre las luminarias y las áreas de cálculo o áreas a iluminar, permitiendo así la distribución correcta de la luz emitida por la luminaria seleccionada.
- Para el desarrollo de cualquier proyecto de diseño de iluminación, se recomienda hacer una selección y continua revisión de las áreas de cálculo seleccionadas, evitando en la medida de lo posible, que se presenten sombras o áreas de cálculo en las cuales las luminarias no tengan incidencia (áreas oscuras), esto con el fin de obtener de valores de uniformidad coherentes con los resultados visuales obtenidos.
- Revisar detalladamente los resultados visuales o diagramas que permitan visualizar la distribución de la iluminación y su variación en las áreas seleccionadas. Analizar los segmentos más importantes de las áreas de cálculo (áreas donde se realicen las tareas visuales) y evitar que se concentren allí, valores muy elevados de iluminancia.
- Para realizar diseños o simulaciones de sistemas de iluminación mediante el Software DIALux, se recomienda el uso de la guía presentada en el ANEXO D del presente documento.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Secretaría Distrital de Ambiente. Guía de techos verdes en Bogotá. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+VERDES_2011.pdf. [Recuperado en: 23 de noviembre de 2017]. p.11. 2011.
- ANONIMO. Niveles recomendados de iluminación por zonas. [En línea]. Recurso en línea. LEDBOX. (Recuperado en 28 de noviembre de 2017). Disponible en: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p5
- ANONIMO. Niveles recomendados de iluminación por zonas. [En línea]. Recurso en línea. LEDBOX. (Recuperado en 28 de noviembre de 2017). Disponible en: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-luxX>.
- Buenos Aires-Gobierno de la ciudad y Agencia de Protección Ambiental. (2007). Construcción sustentable - DEL GRIS AL VERDE. Buenos Aires, Argentina.
- CASTILLO, Diana. MEJIA, Idania. Tecnología LED: Revisión de aplicaciones como alternativa para entornos sostenibles. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Diciembre de 2010.p25-26.
- Comercial Eléctrica del Llobregat. – CELL. ERCO Programa 2013 [archivo PDF]. Barcelona, España. Disponible en: <http://www.cell.es/uploads/2197d1cd5f582c2a82570f4c101fe126.pdf>
- ESPAÑOLA, NORMA. UNE-EN 12464–2 2016. *Iluminación de los lugares de trabajo-2*.p.7.
- GARCIA FERNANDEZ, Javier. Iluminación Exterior. [En línea]. Recurso en línea. Universitat Politècnica de Catalunya. (Recuperado en 20 de noviembre de 2017). Disponible en <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/>

- Green Building Council Bolivia. - Diseño y construcción sostenible. Disponible en: http://www.gbcbolivia.org/wordpress/?page_id=10. [Recuperado el 20 de Febrero de 2018.]
- IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. p. 38
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION. CIE 154 2003. *The maintenance of outdoor lighting systems*.
- Led, la luz que puede salvar al mundo. [En línea]. [Recuperado: 18 de febrero de 2018]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/01/150102_iwonder_led_salvar_mundo_finde_dv
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO, GOBIERNO DE ESPAÑA., Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. [En línea]. [fecha de consulta: 20 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/id.663/mod.pags/mem.detalle>.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, COLOMBIA, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Resolución No 180540 del 30 de marzo de 2010.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, COLOMBIA, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Resolución No 90708 del 30 de Agosto de 2013.
- ROJAS, Miguel. BOHÓRQUEZ Natalia. Aproximación metodológica para el cálculo de AIU. Universidad Nacional de Colombia. Agosto de 2009. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n162/a30v77n162.pdf>
- SANDOVAL, José D. Iluminación De Espacios Exteriores Privados.p.3 – p.4.
- SERRANO-TIERZ, Ana et al. Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. [Base de datos en línea]. Mayo de 2015. p. 231-239. (Recuperado el 28 feb. 2018). Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/45442/53687>

ANEXOS

ANEXO A. GENERALIDADES SOBRE TECHOS VERDES

La construcción sostenible y, en particular, la implementación de techos verdes puede entenderse como una oportunidad de corto plazo, que implica una serie de criterios y compromisos de largo plazo, que han sido pensados y fundamentados en el diseño, en la manera que van a utilizar los recursos naturales y que influyen en una adecuada elección de materiales, en los procesos constructivos, como también al entorno urbano y al desarrollo del mismo. La implementación de techos verdes en diferentes tipos de edificaciones impulsa en ellas un adecuado uso de recursos propios, reutilización de los recursos naturales, diversificación y sostenibilidad energética³⁰.

A continuación, se presentan de manera breve algunas generalidades y aspectos característicos de los techos verdes.

Definición: Una terraza o techo verde se define como un sistema que permite manejar de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de una edificación, mediante una integración adecuada de la edificación, la cubierta vegetal y los factores climáticos y ambientales del lugar. Para lograr esta integración, el sistema debe desempeñar seis (6) funciones básicas: Estanqueidad, drenaje, capacidad de retención de agua, estabilidad mecánica, nutrición y filtración³¹.

³⁰ Green Building Council Bolivia. - Diseño y construcción sostenible. Disponible en: http://www.gbcbolivia.org/wordpress/?page_id=10. [Recuperado el 20 de Febrero de 2018.]

³¹ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Secretaría Distrital de Ambiente. Guía de techos verdes en Bogotá. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+ VERDES_2011.pdf. [Recuperado en: 23 de noviembre de 2017]. p.11. 2011.

El desarrollo y promoción actual de los techos verdes, los techos verdes tienen un impacto neto positivo sobre el ambiente, desde el momento mismo en que se captura agua de lluvia, reduciendo así inundaciones y niveles de contaminación; de igual manera, mejoran la aislación térmica de los Edificios y pueden reducir la temperatura del aire; representan un hábitat para especies nativas o migratorias; y pueden ayudar a mejorar la calidad de vida³².

Componentes y elementos de un sistema de techos verdes:

Todo sistema de techos verdes está compuesto por tres (3) tipos de componentes, independientemente de la tecnología empleada³³: componentes activos, componentes estables y elementos auxiliares.

Componentes activos: Son los componentes del techo verde que presentan constantes cambios fisicoquímicos para cumplir sus funciones durante la vida útil del sistema. Los componentes activos son elementos biológicos o elementos que soportan la vida en el sistema: Cobertura vegetal y medio de crecimiento³⁴.

- **Cobertura vegetal:** La cobertura vegetal es el componente más activo del techo verde, y está compuesto por el conjunto de especies vegetales que conforma la parte superior del sistema. Dadas las diversas condiciones climáticas y químicas a las que están sujetas las plantas en el techo, una selección adecuada de componentes activos debe propiciar las condiciones para que la cobertura vegetal pueda adaptarse sosteniblemente a dichos cambios medioambientales.

³² Buenos Aires-Gobierno de la ciudad y Agencia de Protección Ambiental. (2007). Construcción sustentable - DEL GRIS AL VERDE. Buenos Aires, Argentina.

³³ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Secretaría Distrital de Ambiente. Guía de techos verdes en Bogotá. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+ VERDES_2011.pdf. [Recuperado en: 23 de noviembre de 2017]. p.11. 2011.

³⁴Ibíd., p11-p12.

Hay tres (3) factores determinantes para seleccionar correctamente las especies vegetales de un techo verde: El tipo de techo verde y su propósito principal, las condiciones climáticas y la biota local que hace parte de la estructura ecológica del lugar donde se localiza el inmueble a intervenir.

- **Medio de crecimiento:** Es el componente artificial del techo verde equivalente al suelo en condiciones naturales. Por lo tanto, este componente activo debe emular las características fundamentales del suelo natural para satisfacer las necesidades básicas de las plantas seleccionadas, pero debe tener propiedades diferentes que son necesarias en un techo, principalmente, ligereza y capacidad de drenaje adicional para garantizar flujo y evacuación efectiva del agua lluvia.

Componentes estables: Son los componentes inertes del techo verde que deben mantener estabilidad química y física para cumplir sus funciones durante toda la vida útil del sistema. Los componentes estables son aquellos elementos fabricados que cumplen determinadas funciones en el sistema³⁵: Membranas de impermeabilización, barreras anti-raíces, barreras filtrantes, losetas, medios de drenaje, elementos del sistema de irrigación, etc.

Elementos auxiliares: Son los elementos inertes estables que cumplen funciones específicas para adaptar correctamente una sección típica de sistema de techo verde a la estructura de un determinado inmueble³⁶, tales como: Separación, confinamiento, protección, evacuación de agua, tránsito, riego, iluminación, etc.

³⁵ Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. – Secretaría Distrital de Ambiente. Guía de techos verdes en Bogotá. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73753/GUIA+DE+TECHOS+ VERDES_2011.pdf. [Recuperado en: 23 de noviembre de 2017]. p.13. 2011.

³⁶ *Ibíd.*, p.13.

Para cada elemento auxiliar se debe conocer la función o funciones que desempeña, las propiedades necesarias para lograr dicha función y la forma como interactúa con otros componentes.

Beneficios derivados del uso e implantación de cubiertas o techos verdes: La construcción de terrazas verdes y su posicionamiento global como una estrategia de la ingeniería moderna, en la búsqueda de minimizar el impacto ambiental y promover el desarrollo de soluciones sostenibles a todo tipo de procesos productivos y cotidianos, se sustenta en la variedad de beneficios obtenidos de la construcción e implantación de techos verdes en edificaciones. Algunos de los principales beneficios son.

Incremento de la vida de la impermeabilización: Una cubierta verde añade una capa de aislamiento adicional a la cubierta. Debido a la incidencia directa de la radiación UV, se acelera el envejecimiento de la membrana impermeabilizante, facilitando así, la aparición de grietas y goteras³⁷.

Figura 42. Impermeabilización en cubierta verde.



Tomado de: *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes*, Barcelona 2015. p5.

³⁷ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes*.2015., p.5

Tanto la vegetación como el sustrato protegen la membrana impermeabilizante mediante la amortiguación de las fluctuaciones de temperatura.

Captación y almacenaje de agua: Las cubiertas verdes sirven como depósito de acumulación del agua de las precipitaciones. Son instrumentos importantes en la prevención de inundaciones locales, ya que, según el sistema de cubierta verde y la profundidad del medio de cultivo, el agua de lluvia que se vierte directamente en el alcantarillado se puede reducir entre un 50 % y un 90 %. Este efecto permite reducir el estrés en la red de alcantarillado durante el año y en los periodos de máxima precipitación³⁸.

Aislamiento acústico: El ruido en las ciudades es una de las causas de estrés y trastorno del sueño de una parte de la población. Una cubierta verde reduce la reflexión del sonido hasta 3 dB y mejora el aislamiento acústico hasta 8 dB. Eso puede ofrecer una mejora de la calidad de vida a las personas que viven cerca de espacios ruidosos³⁹.

Aislamiento térmico: Uno de los beneficios más importantes de las cubiertas verdes es la reducción de los costos de calefacción y refrigeración, que dependerá del tipo de cubierta que se construya y del grosor de tierra que incorpore⁴⁰. Una azotea sin protección y con un aislamiento deficiente tendrá como consecuencia el sobrecalentamiento de las viviendas situadas justo debajo. El aislamiento adicional que proporciona la cubierta verde reduce la transferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio.

³⁸ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p.5.

³⁹ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p.6.

⁴⁰ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p6.

Figura 43. Aislamiento térmico en techos verdes.



Tomado de: Tomado de: *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes, Barcelona.p5.*

Producción de energía solar fotovoltaica (FV): Las azoteas son los mejores espacios en los que se pueden colocar instalaciones para producción de energía solar fotovoltaica (FV). Los paneles FV montados sobre una cubierta verde pueden generar de un 10% hasta un 16 % más de energía, ya que las plantas actúan como sistema natural de enfriamiento para los paneles. Otra singularidad de esta alianza es que las cubiertas verdes ayudan a eliminar los contaminantes del aire, ya que impiden que las partículas en suspensión se fijen en las células solares⁴¹.

Figura 44. Generación fotovoltaica en techos verdes.



Tomado de: Tomado de: *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes, Barcelona.p5.*

⁴¹ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p.6.*

Reducción del efecto isla de calor: El calentamiento global, el aumento de superficies impermeables, el exceso de calor de los edificios residenciales, la industria y el tráfico producen un aumento de la temperatura dentro de las ciudades⁴². La diferencia de temperatura entre la ciudad y el campo o espacio periurbano que lo rodea se conoce como efecto isla de calor.

Figura 45. Efecto isla calor.



Tomado de: Tomado de: Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes, Barcelona 2015.p6.

En las zonas densamente pobladas, donde los espacios verdes son escasos, las cubiertas verdes pueden ser una buena solución, pues reducen el efecto isla de calor a través del proceso de la transpiración y la humidificación del aire seco⁴³.

Reducción de los niveles de contaminación: La vegetación es capaz de mejorar la calidad del aire. Se ha demostrado que es efectiva a la hora de reducir la contaminación atmosférica por la capacidad que tiene de filtrar partículas y de absorber gases contaminantes. Además, los nitratos y otros materiales peligrosos en el aire y la lluvia se depositan en el medio de cultivo⁴⁴.

⁴² *Ibíd.*,p.6

⁴³ Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona. Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes.2015.p.6.

⁴⁴ *Ibíd.*, p.6.

Figura 46. Efecto contaminación en techos verdes.



Tomado de: Tomado de: *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes*, Barcelona 2015.p6.

ANEXO B. TABLAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

B1. Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2 000 V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30 °C. Tabla 310-17 NTC 2050.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C TIPOS	75 °C TIPOS	90 °C TIPOS	60 °C TIPOS	75 °C TIPOS	90 °C TIPOS	
	TW*, UF*	FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*	TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*	TW*, UP	RH*, RHW, THHW, THW, THWN*	TBS, SA, SIS, THHN*, THHW, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2,	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG
0,82	--	--	18	--	--	--	18
1,31	--	--	24	--	--	--	16
2,08	25*	30*	35*	--	--	--	14
3,30	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12
5,25	40	50*	55*	35*	40*	40*	10
8,36	60	70	80	45	55	60	8
13,29	80	95	105	60	75	80	6
21,14	105	125	140	80	100	110	4
26,66	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,20	165	195	220	130	155	175	1
53,50	195	230	260	150	180	205	1/0
67,44	225	265	300	175	210	235	2/0
85,02	260	310	350	200	240	275	3/0
107,21	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400

304,02	575	690	780	455	540	615	600
354,69	630	755	855	500	595	675	700
380,02	655	785	855	515	620	700	750
405,36	680	815	920	535	645	725	800
456,03	730	870	985	580	700	785	900
506,70	780	935	1.055	625	750	845	1000
633,38	890	1.065	1.200	710	855	960	1250
760,05	980	1.175	1.325	795	950	1075	1500
886,73	1070	1.280	1.445	875	1050	1185	1750
1 013,40	1155	1.385	1560	960	1150	1335	2000
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp ambiente
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	--	0,58	0,71	--	0,58	0,71	56-60
61-70	--	0,33	0,58	--	0,33	0,58	61-70
71-80	--	--	0,41	--	--	0,41	71-80

B2. Nota 8 a las Tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V (310-16 hasta310-19). Factores de ajuste o corrección. Posterior a Tabla 310-19 NTC 2050.

a) Más de tres conductores portadores de corriente en un cable o canalización. Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización pase de tres, la capacidad de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Cuando los conductores sencillos o los cables multiconductores vayan juntos durante una distancia de más de 0,6 m sin mantener la separación y no vayan instalados en canalizaciones, las capacidades de corriente permisible de cada conductor se deben reducir como indica la Tabla anterior.

Excepciones:

- 1) *Cuando en la misma canalización o cable haya instalados conductores de distintos sistemas, como se recoge en el Artículo [300-3](#), los anteriores factores se deben aplicar sólo a los conductores de fuerza y alumbrado ([Secciones 210](#), [215](#), [220](#) y [230](#)).*
- 2) *A los conductores instalados en bandejas portacables se les debe aplicar lo establecido en el Artículo [318-11](#).*
- 3) *Estos factores de corrección no se deben aplicar a conductores en niples cuya longitud no supere 0,6 m.*
- 4) *Estos factores de corrección no se deben aplicar a conductores subterráneos que entren o salgan de una zanja exterior, si esos conductores están protegidos físicamente por tubo conduit de metal rígido, tubo conduit metálico intermedio o tubo conduit no metálico rígido de una longitud no superior a 3,0 m y el número de conductores no pasa de cuatro.*
- 5) *Para otras condiciones de carga, se permite calcular la capacidad de corriente y los factores de ajuste según lo que establece el Artículo [310-15.b](#)).*

B3. Resumen de requisitos de los circuitos ramales. Tabla 210-24 NTC 2050.

Corriente nominal del circuito	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Conductores (Calibre mínimo)*: Alambres del circuito	2,08(14)	3,3(12)	5,25(10)	8,36(8)	13,29(6)
Salidas derivadas Alambres y cordones de artefactos	Véase Artículo 240-4				
Protección contra sobrecorriente	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Dispositivos de salida: Portabombillas permitidos	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Servicio pesado	Servido pesado	Servicio pesado
Capacidad nominal del tomacorriente**	15 A máx.	15 o 20 A	30 A	40 o 50 A	50 A
Carga máxima	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Carga permisible	Véase Artículo 210-23.a)	Véase Artículo 210-23.a)	Véase Artículo 210-23.b)	Véase Artículo 210-23.c)	Véase Artículo 210-23.c)

* Estos calibres se refieren a conductores de cobre con sección transversal en mm^2 y entre paréntesis AWG.

** Para la capacidad nominal de los tomacorrientes para los artefactos con lámpara de descarga conectados con cordón, véase Artículo [410-30.c\)](#)

B4. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos. Tabla 250-95 NTC 2050.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

B5. Número máximo de conductores y alambres de aparatos en tubo conduit rígido de PVC, Schedule 40 y en tubos de PEAD (HDPE). Sección de Tabla C10 NTC 2050.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial											
	mm ²	AWG	mm											
			16	21	27	36	41	53	63	78	91	103	129	155
THHN, THWN, THWN-2	2,08	14	11	21	34	60	82	135	193	299	401	517	815	1178
	3,30	12	8	15	25	43	59	99	141	218	293	377	594	859
	5,25	10	5	9	15	27	37	62	89	137	184	238	374	541
	8,36	8	3	5	9	16	21	36	51	79	106	137	216	312
	13,29	6	1	4	6	11	15	26	37	57	77	99	156	225
	21,14	4	1	2	4	7	9	16	22	35	47	61	96	138
	26,66	3	1	1	3	6	8	13	19	30	40	51	81	117
	33,62	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	43	68	98
	42,20	1	1	1	1	3	5	8	12	18	25	32	50	73
	53,50	1/0	1	1	1	3	4	7	10	15	21	27	42	61
	67,44	2/0	0	1	1	2	3	6	8	13	17	22	35	51
	85,02	3/0	0	1	1	1	3	5	7	11	14	18	29	42
	107,21	4/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	4	7	10	12	20	28
	152,01	300	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	24
	177,34	350	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	11	16
	304,02	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	9	13
	354,69	700	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	11
380,02	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	11	
405,36	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10	
FEP, FEPB, PFA,	456,03	900	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	9
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	6	8

B6. Número máximo de conductores y conductores para aparatos en tuberías eléctricas metálicas -tipo EMT. Sección de Tabla C1 NTC 2050.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial mm									
	mm ²	AWG/	Pulgadas									
			16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW,	8,36	8	1	4	6	10	14	24	42	63	83	106
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	13,29	6	1	3	4	8	11	18	32	48	63	81
	21,14	4	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	26,66	3	1	1	3	5	7	12	20	31	40	52
	33,62	2	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	42,20	1	1	1	1	3	4	7	12	18	24	31
	53,50	1/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	67,44	2/0	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	85,02	3/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	107,21	4/0	0	0	1	1	1	3	6	9	12	16
	126,67	250	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	152,01	300	0	0	1	1	1	2	4	6	8	11
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	4	6	7	10
THHN, THWN, THWN-2	2,08	14	12	22	35	61	84	138	241	364	476	608
	3,30	12	9	16	26	45	61	101	176	266	347	443
	5,25	10	5	10	16	28	38	63	111	167	219	279
	8,36	8	3	6	9	16	22	36	64	96	126	161
	13,29	6	2	4	7	12	16	26	46	69	91	116
	21,14	4	1	2	4	7	10	16	28	43	56	71
	26,56	3	1	1	3	6	8	13	24	36	47	60
	33,62	2	1	1	3	5	7	11	20	30	40	51
	42,20	1	1	1	1	4	5	8	15	22	29	37
	53,50	1/0	1	1	1	3	4	7	12	19	25	32
	67,44	2/0	0	1	1	2	3	6	10	16	20	26
	85,02	3/0	0	1	1	1	3	5	8	13	17	22

B7. Porcentajes de regulación de Tensión. Tabla 2.3 Norma ESSA

Descripción	%
Redes de distribución, B.T., zona urbana	5
Redes de distribución, B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la Empresa	2
Circuito ramal	2
Alumbrado público	4

B8. Constantes de regulación para Conductores de cobre aislado en ducto no metálico. Tabla 3.25 Norma ESSA

Tensión	KG Baja tensión				
	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
14 AWG	752.23500	797.34040	842.141	866.377	927.36
12 AWG	476.46700	504.46560	532.18	559.367	583.52
10 AWG	302.87700	320.14810	337.154	353.67	367.36
8 AWG	196.46300	207.16110	217.607	227.585	234.87
6 AWG	126.25400	132.67170	134.8855	144.602	147.84
4 AWG	81.99970	85.74950	89.2797	92.4032	93.184
2 AWG	53.85660	55.93171	57.8007	59.2879	58.576
1 AWG	44.28230	45.74010	46.9888	47.8501	46.48
1/0 AWG	36.36970	37.37117	38.1696	38.592	36.848
2/0 AWG	30.06020	30.70733	31.1578	31.244	29.232
3/0 AWG	25.04900	25.41483	25.5891	25.4085	23.184
4/0 AWG	21.01200	21.15945	21.1208	20.7374	18.368
250 kcmils	18.34900	18.40482	18.2864	17.8453	15.5456
350 kcmils	14.57420	14.43523	14.1286	13.5115	11.1059
500 kcmils	11.92120	11.61412	11.139	10.3527	7.7759
750 kcmils	9.65586	9.24226	8.66627	7.78946	5.18
1000 kcmils	8.50015	8.03776	7.41674	6.50182	3.8942

B9. Factores de corrección para el cálculo de regulación. Tabla 3.26 Norma ESSA

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2.25

ANEXO C. REQUISITOS DE ILUMINACIÓN PARA ESPACIOS DE TRABAJO EN EXTERIORES

C.1. Requisitos de iluminación para Centrales de energía, eléctricas, de gas y térmicas. Numeral 5.3 UNE-EN 12464-2

N° ref.	Tipo de área, tarea o actividad	\dot{E}_m lx	U_o --	R_{GL} --	R_a --	Requisitos específicos
5.11.1	Desplazamientos peatonales dentro de áreas eléctricamente seguras	5	0,25	50	20	
5.11.2	Manipulación de herramientas de servicio, carbón	20	0,25	55	20	
5.11.3	Inspección global	20	0,40	45	20	
5.11.4	Trabajo de mantenimiento general y lectura de instrumentos	100	0,40	50	20	
5.11.5	Reparación de dispositivos eléctricos	200	0,50	45	60	Usar alumbrado local

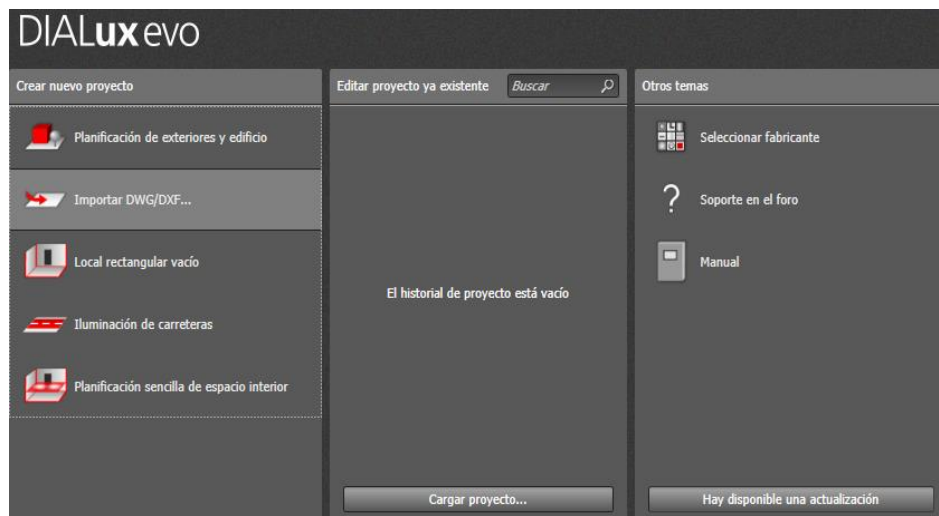
ANEXO D. DISEÑO DE ILUMINACIÓN EXTERIOR MEDIANTE SOFTWARE DIALUX EVO

DIALux es un software libre que permite realizar diseños de sistemas de iluminación en exteriores e interiores, este software puede importar y exportar planos y objetos de AutoCAD para facilitar el diseño de la edificación.

Para diseñar la geometría de un local con su respectiva iluminación se deben seguir los siguientes pasos:

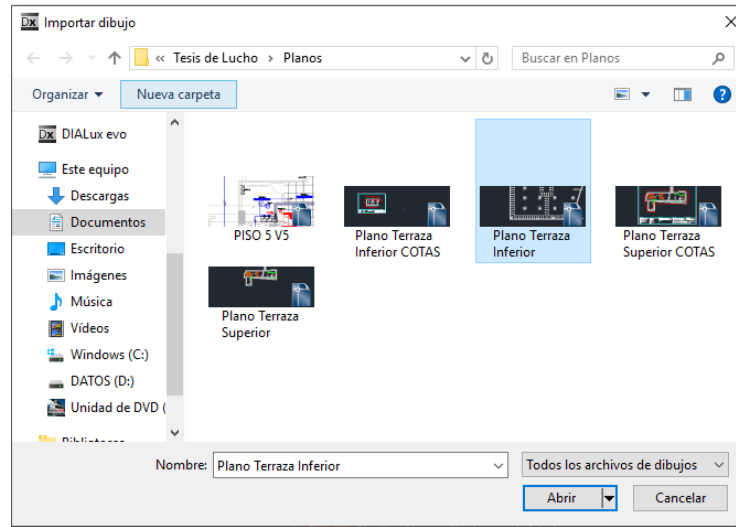
1. Al ingresar a DIALux evo aparecerá una ventana presentando varias opciones. Si desea realizar el proyecto con base en un plano de AutoCAD, se debe seleccionar *importar DWG/DXF*, que son las extensiones disponibles para importar archivos de formato AutoCAD.

Figura 47. Importación del plano.



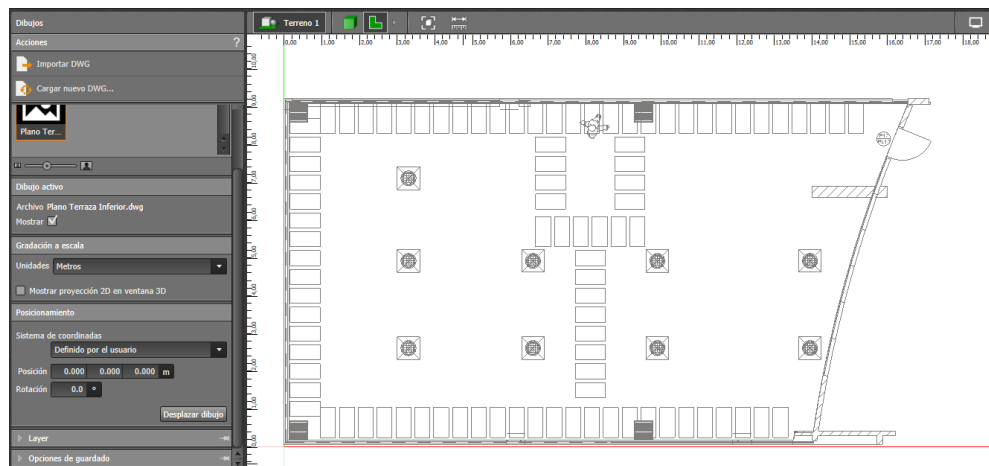
2. Al hacer clic en *importar DWG/DXF* aparece una ventana para elegir el archivo de AutoCAD. Cuando ya se tenga localizado el archivo, este se selecciona y se da abrir, con esto se lleva el plano desde AutoCAD a DIALux.

Figura 48. Importar plano de AutoCAD.



3. Luego en la parte izquierda de la pantalla aparecerá un menú en el cual se seleccionarán las unidades en las que se desea trabajar y la posición del plano importado. Si no se cuenta con un plano del espacio definido para el diseño, se debe crear el plano de trabajo.

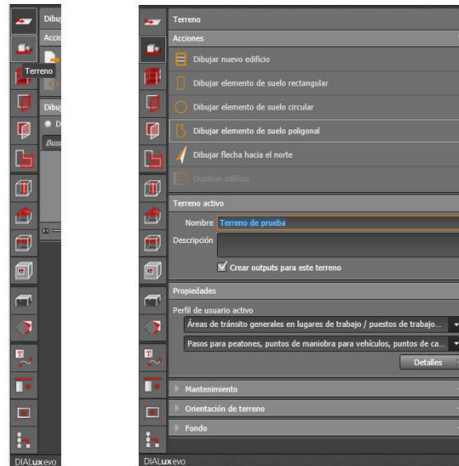
Figura 49. Finalización de la importación.



4. Cuando ya se han establecido las unidades y la posición del plano, se selecciona el menú *terreno* que aparece en la parte izquierda de la pantalla, después aparecerá

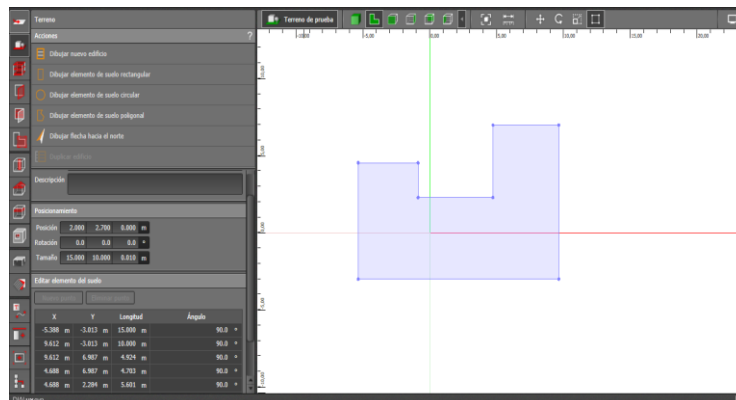
un submenú en el que seleccionará la opción *dibujar elemento de suelo* (puede ser rectangular, circular o poligonal) y se da clic en la opción de *crear outputs para este terreno*.

Figura 50. Dibujar terreno.



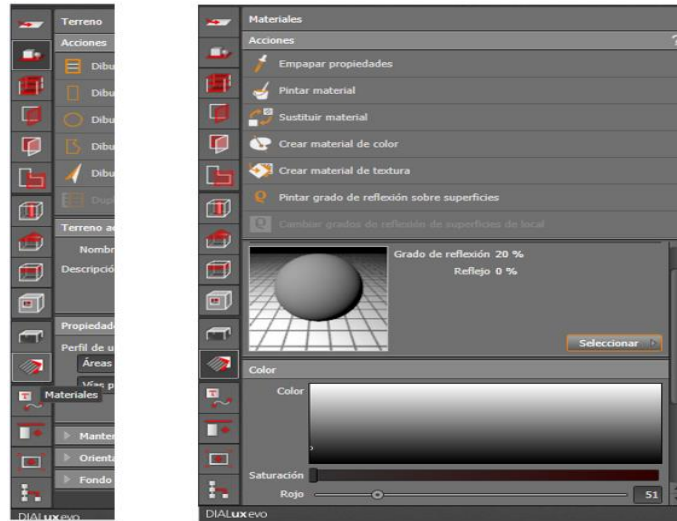
5. Luego de seleccionar la opción de *crear objeto de suelo* se colocarán los puntos que delimiten el terreno, cuando se finalice el posicionamiento de los puntos, aparecerá un submenú en el que se pedirá el nombre del terreno, su posicionamiento y su altura.

Figura 51. Posicionamiento de los puntos.



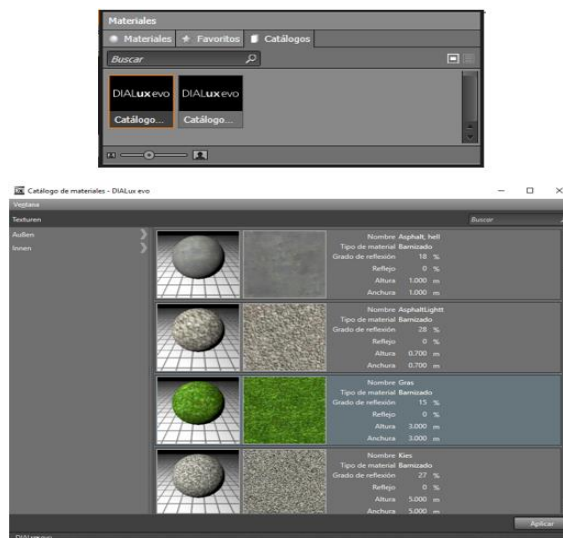
6. Al definir el terreno se selecciona el color y el material de las paredes y del suelo. Para esto se abre el menú *material* y luego se da clic en *seleccionar* (aparece en el recuadro material activo).

Figura 52. Material del terreno.



7. Inmediatamente se abre una ventana con catálogos de materiales, se selecciona un catálogo y se escoge el material adecuado. Para este caso el suelo es de pasto.

Figura 53. Seleccionar material.



8. Con el material adecuado se procede a colocar los muebles(si existen) y demas objetos que esten presentes, para esto se abre el menú *muebles y objetos* y en el se utiliza la opción mas conveniente para diseñar el objeto, en el caso de ya tener el objeto creado se da clic en *seleccionar* (aparece en la ventana objeto activo) y se desplegara una ventana con todos los objetos y muebles creados.

Figura 54. Muro de la terraza.

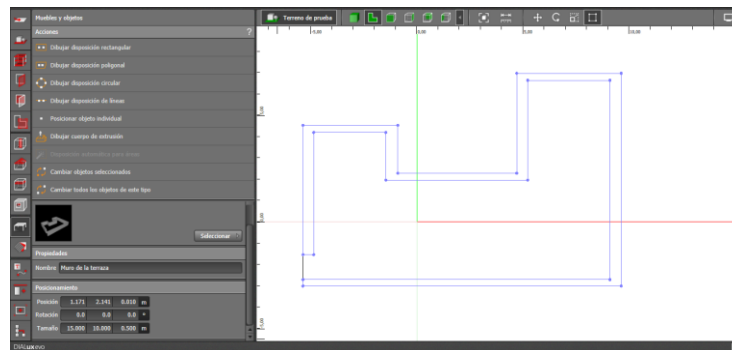


Figura 55. Insertar muebles y objetos.

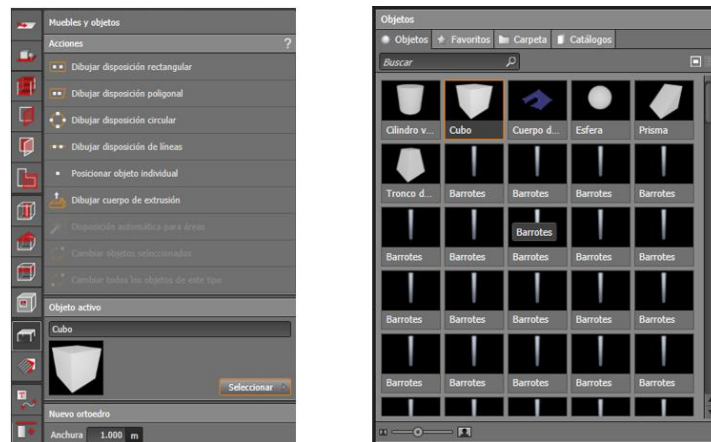
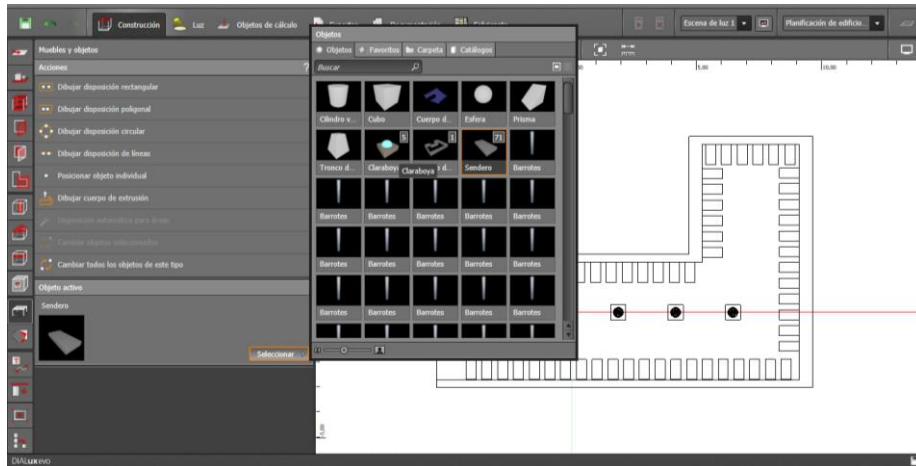
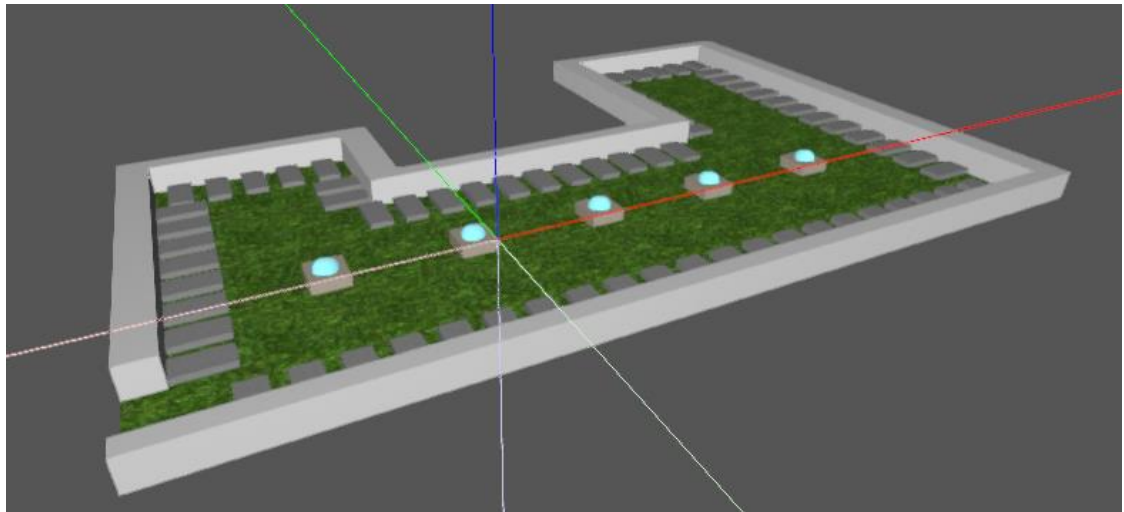


Figura 56. Posicionamiento de los objetos.



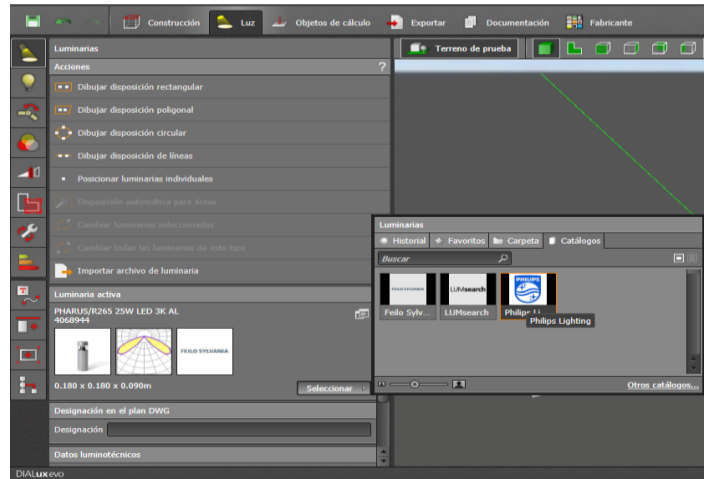
9. Ya colocados todos los equipos y objetos se le da clic en vista 3D.

Figura 57. Vista 3D del terreno.



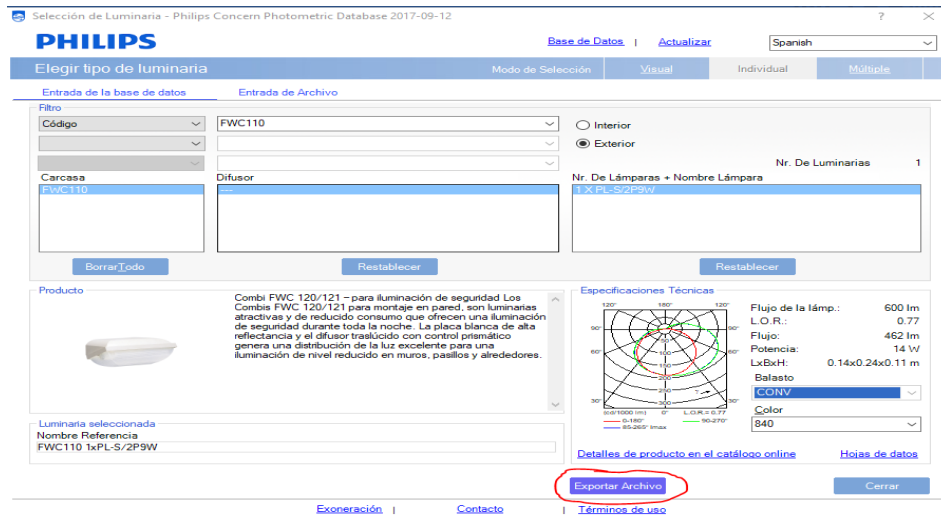
10. Terminada la construcción del terreno se instalan las luminarias, para esto se selecciona la opción *Luz* que se encuentra en la parte superior de la pantalla, inmediatamente se busca el menú *Luminarias* y se da clic en *seleccionar*, al abrirse la ventana se selecciona la opción de catálogo.

Figura 58. Buscar luminarias.



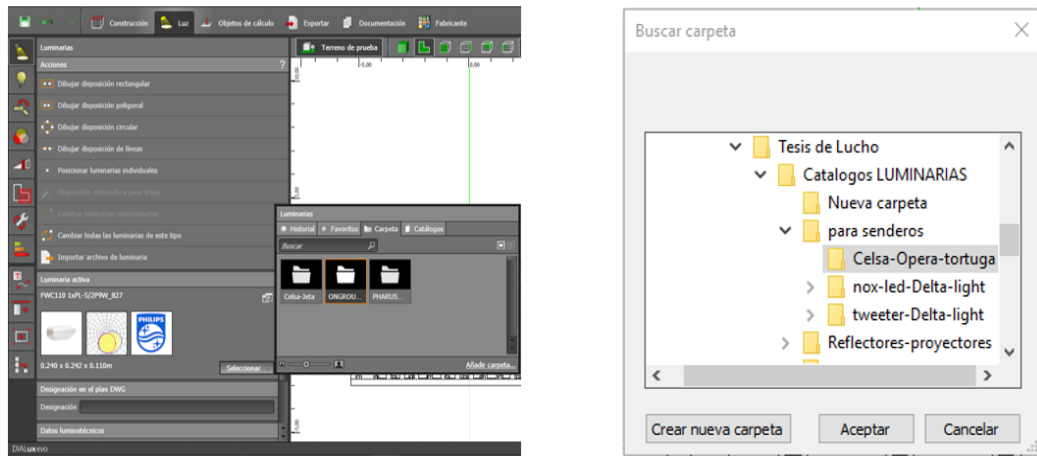
11. Al abrirse el catálogo se busca la luminaria de mayor conveniencia, en este caso se utilizará el catálogo de PHILIPS y la luminaria tipo tortuga FWC110 1xPL-/2P9W_827. Para agregar la luminaria a DIALux se da clic en *exportar archivo*.

Figura 59. Catálogo de PHILIPS.



12. Se pueden agregar luminarias en caso de no encontrar las deseadas en los catálogos dados por DIALux, para esto se selecciona el menú *carpeta* de la ventana y se busca la luminaria deseada.

Figura 60. Incluir luminarias a DIALux.



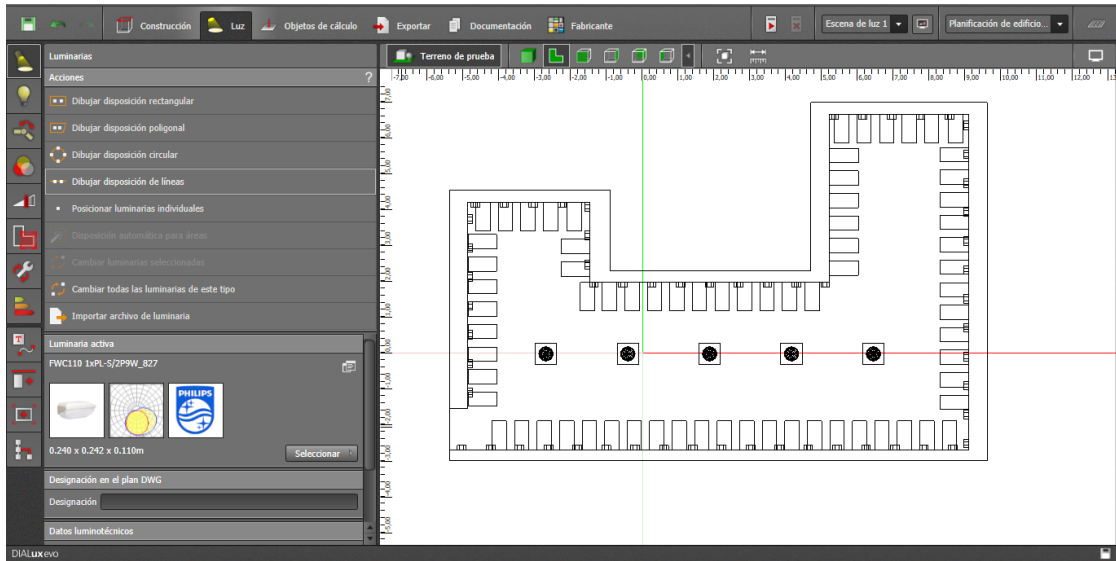
13. Al seleccionar la carpeta se abre una ventana, en ella se elige la luminaria y se le da aplicar, luego se valida la información de la luminaria.

Figura 61. Validar información de la luminaria.



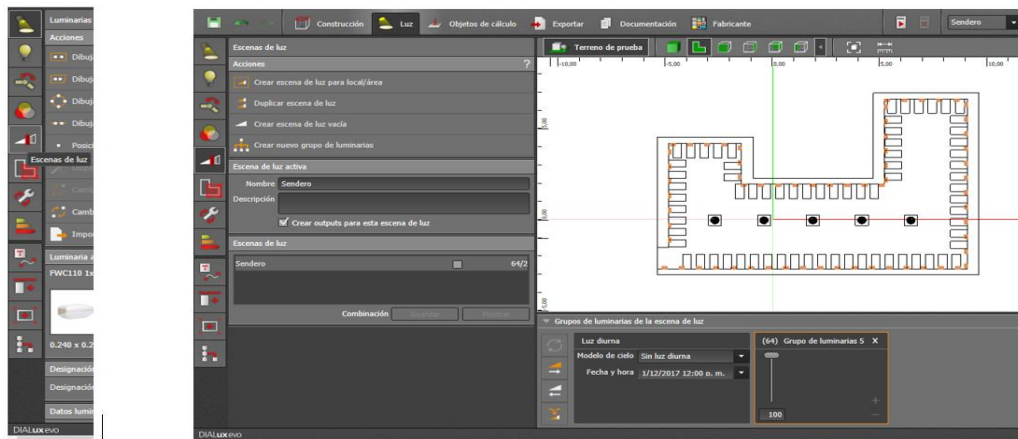
14. Para el posicionamiento de las luminarias se puede utilizar la disposición más conveniente o si desea puede colocar individualmente cada luminaria.

Figura 62. Posicionamiento de las luminarias.



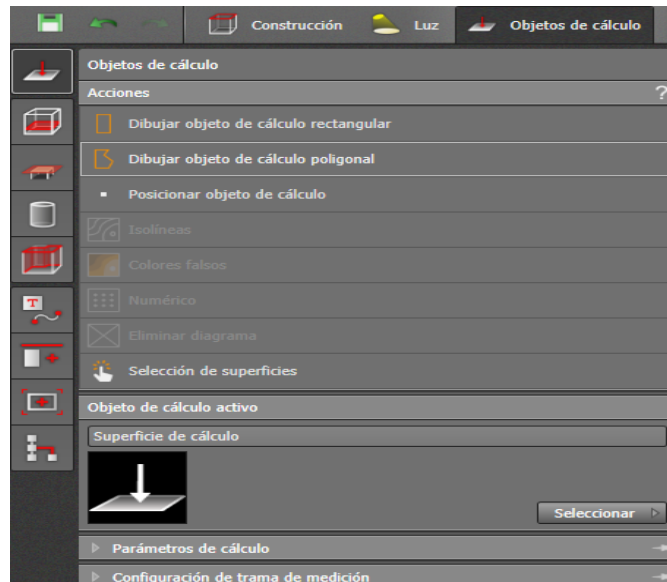
15. Al finalizar el posicionamiento de las luminarias, se seleccionan las luminarias a agrupar y se da clic en el menú *escena de luz*, luego se selecciona *crear nuevo grupo de luminarias*, esto para crear el grupo de luminarias del área de senderos.

Figura 63. Grupo de luminarias.



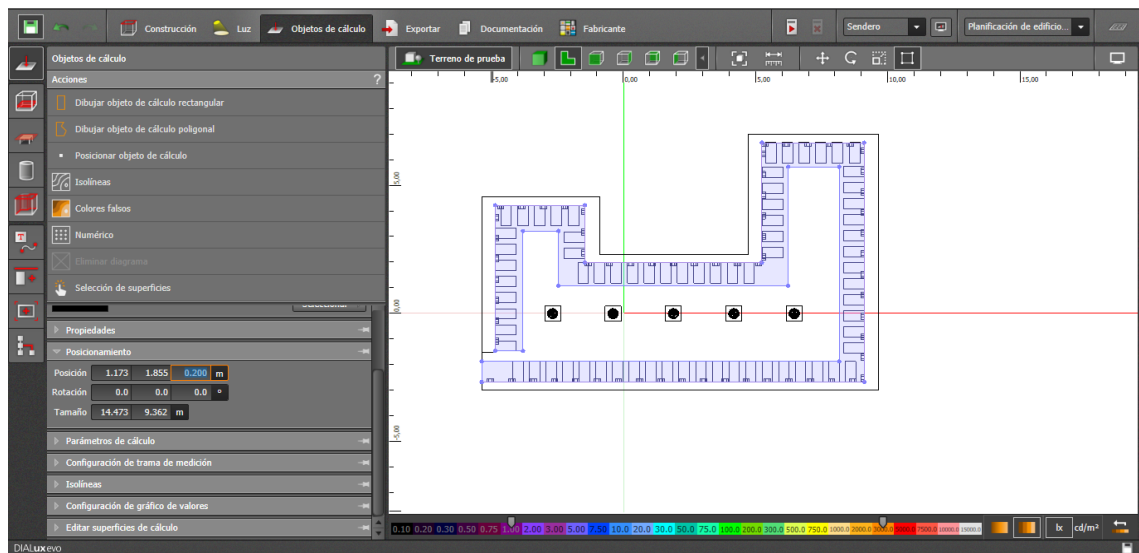
16. Terminado el posicionamiento de las luminarias se procede a crear la superficie de cálculo, para esto se selecciona la opción *objeto de cálculo* y se da clic en *dibujar objeto de cálculo*.

Figura 64. Superficie de cálculo.



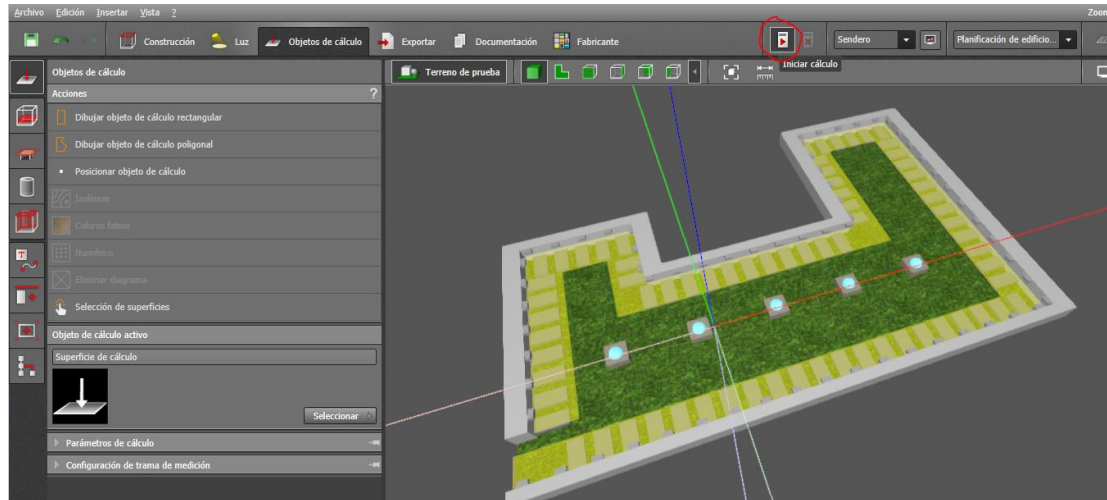
17. Ahora se colocan los puntos del área que requiere el cálculo lumínico y se ingresa la altura deseada de la superficie de cálculo.

Figura 65. Delimitar superficie de cálculo.



18. Concluido lo anterior se puede comenzar a realizar la simulación presionado clic en *iniciar cálculo* (se encuentra en la parte superior izquierda).

Figura 66. Vista 3D de la terraza completa.



19. Terminada la simulación se procede a verificar que la disposición de las luminarias establecida, cumple con los requisitos de iluminación definidos como objeto mismo del diseño. Para esto debe ir a la opción *Documentación*, luego abrir el menú *Configurar plantillas* y en el recuadro de *Plantilla activa* le da clic en *seleccionar*. Allí se encuentran todos los aspectos técnicos del sistema de iluminación en operación, obtenidos de la simulación del diseño. Para revisar en detalle estos resultados, se selecciona la opción o aspecto que queramos visualizar (en este caso seleccionaremos todos). Finalmente se valida presionando *Aplicar*.

Figura 67. Cálculo finalizado.

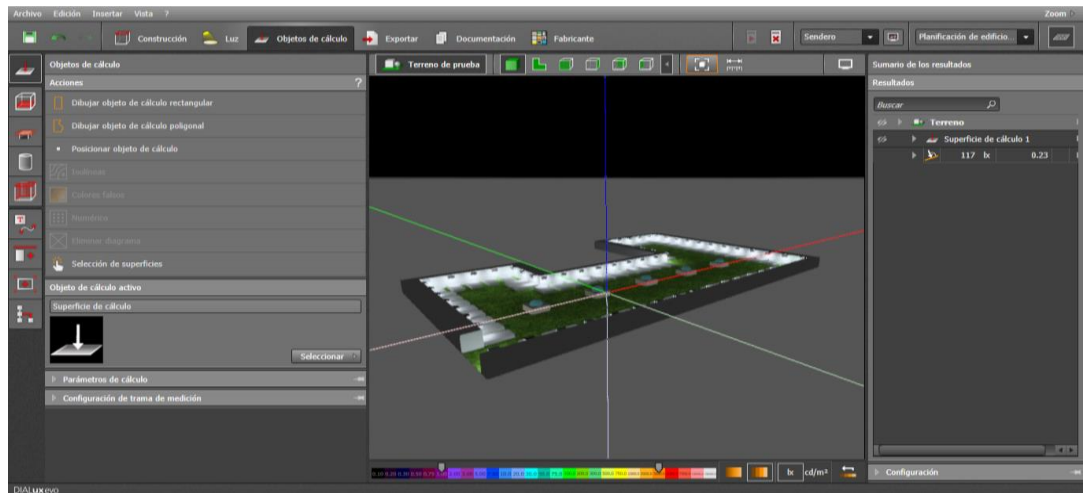
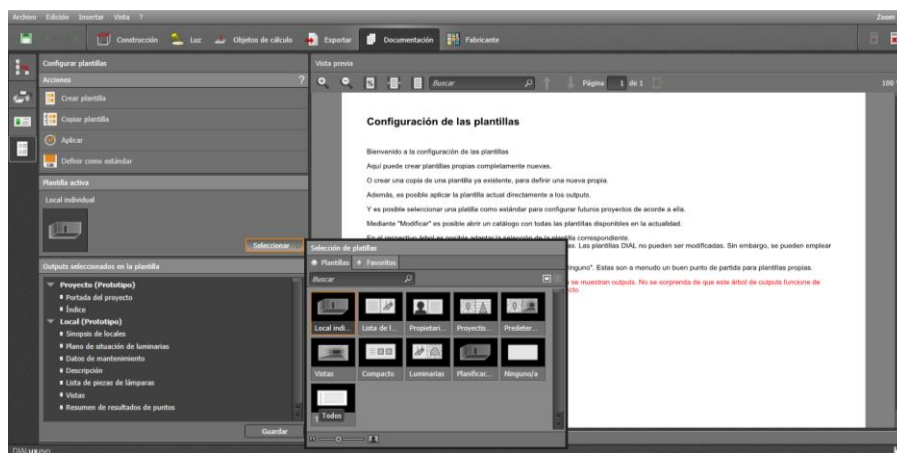


Figura 68. Configuración de la plantilla.



20. Si desea obtener los resultados de la simulación en formato PDF, debe ir al menú *Imprimir* y seleccionar *Determinar número de páginas*, luego le da clic en *Guardar como PDF*, inmediatamente se abra una ventana para seleccionar la carpeta de destino y el nombre del archivo PDF.

Figura 69. Simulación en formato PDF.

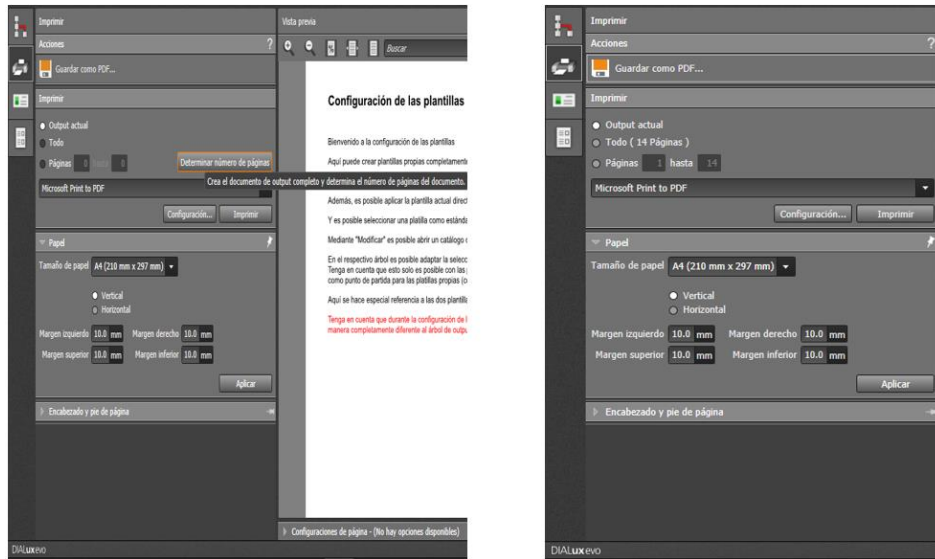


Figura 70. Seleccionar carpeta de destino y nombre.

