ANÁLISIS FOTOMÉTRICO DEL PARQUE METROPOLITANO EL PORVENIR

Presentado por:

DANIEL ESTEBAN POLO ORJUELA

EDSON JOAN OCAMPO CASALLAS



Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Tecnología en electricidad

Bogotá D.C

2019

ANÁLISIS FOTOMÉTRICO DEL PARQUE METROPOLITANO EL PORVENIR

Presentado por:

DANIEL ESTEBAN POLO ORJUELA

EDSON JOAN OCAMPO CASALLAS

Director de proyecto: ING. HELMUTH EDGARDO ORTIZ SUÁREZ

Para optar al título de:

TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD



Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica

Bogotá D.C

2019

RESUMEN

El presente documento tiene como finalidad la realización del análisis fotométrico del Parque Metropolitano El Porvenir. El parque en su totalidad está dividido en 17 partes y este estudio se centrará en los parques 16 y 17. El estudio se realizará contando con el software Dialux, un software especializado para realizar análisis fotométricos en todo tipo de diseños de iluminación. Adicionalmente, se realizará estos estudios contando con dos diferentes métodos de análisis y finalmente se pretende comparar los resultados obtenidos.

ABSTRACT

The purpose of this document is to carry out the photometric analysis of the El Porvenir Metropolitan Park. The park as a whole is divided into 17 parts and this study will focus on parks 16 and 17. The study will be carried out using Dialux software, specialized software for performing photometric analysis in all types of lighting designs. Additionally, these studies will be carried out with two different methods of analysis and finally it is intended to compare the results obtained.

CONTENIDO

RESUMEN……..3

1. Introducción……..……6

2. Objetivos……..……7

3. Marco teórico…….……8

3.1 Historia de la iluminación…….……...8

3.2 Conceptos generales de iluminación…….…...9

3.3 Generalidades diseño de iluminación…….……12

3.4 Iluminación eficiente…….…….13

3.5 Proceso de diseño de iluminación…….……. 13

3.6 Uso racional de energía (URE)……..……...15

3.7 Diseños fotométricos…….……15

3.8 Uso de software para diseños fotométricos para alumbrado público…….……...16

3.9 Iluminación de escenarios deportivos o creativos……..17

3.10 Disposición de escenarios deportivos o creativos……...…18

3.11 Vías para tráfico peatonal y ciclistas……...…20

3.12 Requisitos de iluminación para vías peatonales y de ciclistas…….…… 21

3.13 Niveles exigidos de luminancia e iluminancia en alumbrado público…….……..21

3.14 Zonas de juegos y parques infantiles……..……...22

3.15 Software dialux…….…….23

3.16 Software Ulysses…….…24

3.17 Características de los equipos utilizados para las simulaciones en dialux…….……26

3.18 Parque Metropolitano El Porvenir de Bosa…….……...…26

3.19 Características principales de las luminarias LED utilizadas…….……...29

4. Metodología…….……..30

5. Resultados……..……..32

5.1 Parque 17…….……32

5.1.1 Cancha de fútbol 15SR221 D…….……33

5.1.2 Cancha de tenis 01 15SR221 C2……34
5.1.3 Cancha de tenis 02 15SR221 C2……35
5.1.4 Cancha de tenis 03 15SR221 C2……36
5.1.5 Cancha de tenis 04 15SR221 C2……37
5.1.6 Área 01 15SR221 X2……37
5.1.7 Plazoleta 0115SR221 E……39
5.1.8 senderos 15SR221 A ……39
5.1.9 Microestancia 15SR221 B ……40
5.2 Parque 16……41
5.2.1 Voley playa 15SR221 F……42
5.2.2 Zona de juegos 01 15SR221 G……43
5.2.3 Zona de juegos 02 15SR221 G……44
5.2.4 Senderos 15SR221 A ……45
5.2.5 Microestancia 15SR221 B ……45
5.3 Resultados con reflectores……46
5.3.1 Área 01 15SR221 X2……46
5.3.2 Plazoleta 01 15SR221 E……46
5.3.3 Senderos 15SR221 A……47
5.3.4 Microestancia 15SR221 B……47
6. Conclusiones……48
7. Bibliografía……50

..

1. INTRODUCCIÓN

Los diseños de iluminación se realizan mediante software precisos y confiables que resultan ampliamente útiles, aceleran los procesos al momento de diseñar, sin embargo, es fundamental que los diseños estén ceñidos bajo la norma técnica que rige cada país o región, el diseñador puede estar seguro que a partir de los datos de la simulación, va a realizar un único diseño, por factores económicos y de tiempo no es viable realizar más de un diseño por obra de alumbrado porque esto incrementa los costos y los tiempos previstos para la ejecución del proyecto, es decir, disminuye la eficiencia.

Dialux es una gran herramienta de trabajo utilizada para diseñar proyectos de iluminación, más precisos de manera rápida, esta herramienta revolucionó la industria de la iluminación, por ser un software libre y gratuito que cuenta con una gran variedad de marcas y referencias de luminarias líderes a nivel mundial, el software cuenta con las luminarias que en la realidad se utilizan y así se obtienen resultados más próximos a los buscados.

El grupo Schreder, es una de las empresas más importantes a nivel mundial en el campo de la iluminación, conocido por sus innovaciones en generación Led y luz sostenible con presencia en más de 35 países del mundo, dicha entidad colaboró con un proyecto de iluminación en la ciudad de Bogotá D.C. Se trata del diseño de iluminación del Parque Metropolitano El Porvenir de Bosa, ubicado en la localidad de Bosa, actualmente el parque está en fase de realización, pero los estudios en cuanto a la fotometría y la iluminación de la zona ya fueron realizados. Para este estudio el fabricante Schreder se basó en los resultados obtenidos por el software Ulysses, un software que al igual que Dialux, está especializado en realizar diseños de iluminación con la virtud de realizar un análisis fotométrico de la zona objeto de estudio. Dialux permite realizar el estudio de iluminación del Parque por partes y del Parque en su totalidad, además por ser gratuito, fácil de manejar y las múltiples ventajas en cuanto a precisión y eficiencia en los resultados, Dialux es la herramienta óptima para realizar dicho estudio.

La UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos) es una entidad del Gobierno Distrital que tiene por objeto garantizar la prestación, coordinación, supervisión del servicio de alumbrado público, entre otras funciones. El diseño de iluminación del Parque entregado por el fabricante y el análisis fotométrico fue presentado por partes y no un sólo diseño fotométrico de todo el parque como lo solicita la UAESP, argumentando que los resultados pueden variar mucho al realizarse un estudio por zonas, debido a esto nace la necesidad de estructurar un proyecto en el cual se realicen estudios fotométricos del Parque, primero por zonas y luego un análisis de forma global y compare los resultados obtenidos para verificar la validez o no de realizar estudios por zonas.

Se pretende realizar el mismo estudio que ya hizo Schreder pero ahora con el software Dialux y de dos formas distintas, unificado y por partes, y determinar si los resultados obtenidos de ambos métodos coinciden o por el contrario son lejanos, El estudio se centrará en analizar la fotometría de los Parques 16 y 17 del Parque Metropolitano El Porvenir. Evidentemente todos los resultados que se obtengan deben cumplir con lo establecido por el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis fotométrico del Parque Metropolitano El Porvenir, (parque 16 y parque 17), utilizando el software Dialux como herramienta principal para dicha fotometría.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un análisis fotométrico y de luminosidad del Parque Metropolitano El Porvenir con el método unificado o análisis de la totalidad de la zona, con el software Dialux como herramienta principal de trabajo y comparar los resultados con los resultados de diseño del fabricante Schreder.

2. Realizar un análisis fotométrico y de luminosidad del Parque Metropolitano El Porvenir con el método por partes o análisis de zonas independientes con ayuda del software Dialux y comparar los resultados con los resultados de diseño del fabricante Schreder.

3. Comparar los resultados de ambos métodos de análisis.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 HISTORIA DE LA ILUMINACIÓN [1]

Desde sus inicios más primitivos, la humanidad ha ido desarrollando nuevas tecnologías con el paso del tiempo, que buscan principalmente tratar de minimizar los niveles de oscuridad, oscuridad que dificultaba muchas actividades entre ellas la caza, la detección de potenciales depredadores, movilizarse en la noche grandes distancias, etc.

Con el paso del tiempo las tecnologías fueron evolucionando de acuerdo a las necesidades de las personas, a continuación, se mostrará una breve historia de dicha evolución desde los orígenes del hombre hasta la era actual.

En primer lugar, aparece el **fuego** utilizado principalmente para calefacción, cocción de los alimentos, y la iluminación de senderos, el fuego y las antorchas fueron el primer sistema de alumbrado público de la historia.

Más tarde aparecen las primeras **lámparas de aceite,** que datan del año 7000 a 8000 A.C, ubicadas arqueológicamente en la antigua civilización de Mesopotamia, cabe resaltar que lámparas similares también han sido encontradas en Egipto y Persia y datan del año 2700 A.C. Cercano al año 1000 A.C surge la necesidad de mejorar estas lámparas puesto que la finalidad no era solamente la de iluminar si no que ya tenían fines decorativos, estas lámparas funcionaban con combustible obtenido de aceite de olivo y nuez. Leonardo Da Vinci, famoso inventor, ideó la primera forma de pantalla para estas lámparas y su función principal era la de reflejar la luz y de esta manera incrementar los niveles de iluminación, esto facilitó la lectura y otras actividades nocturnas. Años más tarde el suizo Aimé Argand considerado uno de los pioneros de lo que hoy conocemos como fotometría, descubrió que el uso de dos lámparas con mechas independientes era más útiles y eficientes que 2 mechas en una sola luminaria, descubrimiento que generaría un cambio significativo para la época y daría las bases para estudios lumínicos posteriores.

Otra manera de iluminación antigua pero que hoy en día aún perdura es con **velas,** las primeras fabricadas con cera de abejas y palos de madera datan del año 400 D.C, aunque su uso no era muy frecuente debido a la existencia de las lámparas de aceite, su uso empieza a hacerse notable en la edad media donde eran usadas para iluminar el interior de viviendas y fachadas.

En el siglo XVIII, el inventor Jean Pierre Mincklers, da a conocer por primera vez las **lámparas de gas**, lámpara que fueron altamente populares en las calles de la capital inglesa, posteriormente tomaron fuerza por varias ciudades importantes de toda Europa.

No fue sino hasta el siglo XIX que aparecen las primeras **lámparas eléctricas incandescentes** comerciables y fueron producidas por Thomas Alva Edison el 21 de diciembre del año 1879. Años más tarde el reconocido ingeniero y físico Irving Langmuir introdujo gases como el nitrógeno dentro de la Lámpara, esto con el fin de aumentar la vida útil del elemento y mejorando la eficiencia del mismo.

En el año 1931 se tiene por primera vez la **lámpara fluorescente**, que se comporta similar a la lámpara

[1]Iluminación y alumbrado público, tesis de maestría universidad Nacional de Colombia, Sebastián Arias, 2015

de gas debido a su principio de funcionamiento, la primera lámpara fluorescente era muy grandes y demasiado costosas por lo que su uso no fue ampliamente aprovechado hasta la década de los 80, época donde se comercializa con mucha fuerza este tipo de lámpara. La lámpara fluorescente tubular se convirtió en la fuente de luz dominante porque con ella era posible iluminar fábricas y oficinas sin sombras y comparativamente sin calor, aprovechando al máximo el espacio disponible.

Una década más tarde, en los años 90, el desarrollo de la **iluminación LED** revolucionó la forma en cómo se iluminaban los espacios. Los leds resultan ser muy beneficiosos debido a que su vida útil es mucho mayor a la de otro tipo de lámparas, además, presentan una amplia gama de colores cambiando la proporción de los materiales semiconductores, las longitudes de onda producidas por el arseniuro de galio-aluminio generan una tonalidad roja en la bombilla led o el fosfuro de galio arsénico que genera tonalidad amarilla o naranja, etc. **(Arias, 2015) (Urueña, 2012).**

3.2 CONCEPTOS GENERALES DE ILUMINACIÓN[2]

INTENSIDAD LUMINOSA: Cuando se tiene un flujo luminoso y este es emitido en una dirección específica por una luz cuya distribución no es uniforme, se puede hablar de intensidad luminosa.

También se puede definir como la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido y se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{\Phi}{\omega}\ [\ \boldsymbol{cd}\ ]$$

Donde Φ es flujo luminoso contenido en un ángulo sólido y ωes el ángulo sólido en estereorradianes. **(Farrás)**.

LUMINANCIA: Es una magnitud física que determina el brillo que tienen los objetos o las fuentes de luz. La luminancia también puede describirse como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente, según el sistema internacional de unidades, la luminancia puede expresarse en candelas/ metro cuadrado.

[2] Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, capítulo 46 iluminaciones, Juan Guasch Farrás.

LUMINANCIA TÍPICA DE ALGUNAS FUENTES DE LUZ (cd/cm2)	
Luna	0,25
Cielo despejado	0,3 a 0,5
Llama de una vela	0,8
Lámpara fluorescente	0,8
Lámpara incandescente “opal”	1 a 5
Lámpara incandescente mate	5 a 50
Lámpara de mercurio de alta presión	11
Filamento de lámpara incandescente	500 a 1000
Sol	150.000

Tabla 1.1 Luminancia de fuentes de luz. **FUENTE** Iluminación en el puesto de trabajo.[3]

FLUJO LUMINOSO: Se define como la energía luminosa emitida por una fuente de luz en una unidad de tiempo, el flujo luminoso puede expresarse en lúmenes, el lumen corresponde a una potencia de 1/680 vatios emitidos a la longitud de onda de 555 nanómetros.

ILUMINANCIA: Se denomina iluminancia al nivel de iluminación de una superficie que recibe un flujo luminoso. La unidad de medida de la iluminancia es el lux.

[3] Iluminación en el puesto de trabajo, Ministerio de empleo y seguridad social.

BOMBILLA ELECTRICA[4]: Fuente de luz a base de energía eléctrica, para alumbrado público existen las siguientes tipos de bombillas eléctricas:

Tipo de bombilla	Tiempo de vida útil	Tiempo encendido	Eficacia lumínica	Dimensiones
Mercurio a alta presión	24000 horas	4-5 minutos	40 lm/W	38cm X 8cm
Vapor de sodio a alta presión	24000-32000 horas	3-4 minutos	100lm/W	20cm X 5cm
Metal-halide	9000-15000 horas	3-5 minutos	56lm/W	21 cm X 10cm

Tabla 1.2. Tipos de bombillas eléctricas para alumbrado público más comunes.

LED[5]: (Diodo emisor de luz), son dispositivos semiconductores con la capacidad de transformar la energía eléctrica en energía luminosa directamente cuando estos son polarizados mediante un campo eléctrico. Algunas de las ventajas de utilizar lámparas led son las siguientes **(Castro, 2015)**:

- Alta eficiencia
- Vida útil prolongada
- Tensión de operación bajos
- Encendido instantáneo
- Costos bajos de mantenimiento

[4]Diseño de alumbrado público de la calle 26 de Bogotá D.C con bombilla tipo LED
[5]Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto de eficiencia energética, Miguel Castro, Marzo 2015.

LUMINARIAS EN FUNCIÓN A LA UTILIZACIÓN[6]:

DE INTERIOR	DE EXTERIOR
• Industriales: resiste la vibración y tiene altas protecciones contra el polvo y agua. • Funcionales: destinadas a alguna función específica de acuerdo con el lugar de trabajo • Decorativas: luminarias para ambientes domésticos. • Especiales: se encuentran en lugares con riesgo de incendio o explosión.	• Reflectores: su función principal es proyectar la luz hacia la parte frontal del aparato. • Wall pack: son ideales para aplicaciones donde se requiere iluminación en alturas de hasta 8 m. se usan comúnmente en corredores, parqueaderos, escaleras y áreas de recreación.

Tabla 1.3. Tipos de luminarias de acuerdo a su utilización. **(Mesa, 2009)**

3.3 GENERALIDADES DISEÑO DE ILUMINACIÓN[7]

De acuerdo con la sección 210 del RETILAP, es indispensable que un diseño de iluminación priorice la relación visual que tienen las personas con el medio ambiente que habitan, un buen diseño debe optimizar al máximo la luz tanto natural como artificial, debe generar en las personas un ambiente de seguridad y confianza. El medio ambiente visualmente debe estar en armonía con sus habitantes. Los diseños deben ir a la vanguardia en tecnología, deben cumplir con las normas de cada región para garantizar estabilidad, durabilidad y calidad. A continuación, se presentará los requisitos mínimos y obligatorios que tiene que tener un diseño de iluminación, así mismo, se contextualizará dicha información para los diseños que se realizarán para el Parque Metropolitano El Porvenir.

Todo diseño debe estar enfocado en optimizar y aprovechar los recursos al máximo, de esta forma se puede hacer mención a la iluminación eficiente.

[6] Propuesta para la implementación del sistema LED para la iluminación pública en Antioquia, María Bemjumea, 2009.
[7] RETILAP, Sección 210

3.4 ILUMINACIÓN EFICIENTE[8]

Los diseños buscan principalmente poder relacionar y combinar la luz natural y la luz artificial, se busca un equilibrio entre estas dos fuentes de luz para iluminar los espacios lo más eficientemente posible, deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, se debe tener en cuenta que los costos de operación, instalación y mantenimiento sean los más bajos posibles. También es necesario que se contemple el uso racional de la energía (URE). En general, para que un diseño pueda ser eficiente se debe contemplar lo siguiente:

a) Maximizar el uso de luz natural.

b) Usar fuentes luminosas de la mayor eficacia disponible.

c) Proyectos relacionados a grandes áreas como parques deportivos, se debe controlar el consumo de energía cuando exista poca afluencia de personas o vehículos, de esta manera se aprovecha aún más la energía.

3.5 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN[9]

Un diseño de iluminación debe contemplar los siguientes elementos:

I. **ANÁLISIS DEL PROYECTO[10]**

Para asegurar el éxito del proyecto se tienen que tener en cuenta las siguientes demandas:

VISUAL: evaluar las condiciones físicas y observables del ambiente, evaluar su dificultad y tomarlas en cuenta.	EMOCIONAL: el estado de ánimo y sentimental de las personas pueden ser influenciadas por la iluminación.
ESTÉTICO: Tener en cuenta las características físicas del entorno para resaltar la arquitectura y ornamentación de las estructuras	SEGURIDAD: se determina en función de la circulación de personas y las características de las fuentes luminosas.
CONDICIONES DEL ESPACIO: relaciona las características de las áreas a iluminar y su entorno.	VARIABLES ECONÓMICAS Y ENERGÉTICAS: se tienen en cuenta los costos de funcionamiento durante la vida útil del proyecto

[8]RETILAP, Sección 210.1
[9]RETILAP, Sección 210.2
[10]RETILAP, Sección 210.2.1

II. PLANIFICACIÓN BÁSICA[11]

En esta etapa se busca definir las ideas principales del diseño de iluminación que permitan cumplir las demandas que fueron presentadas en la etapa de análisis, de esta manera se garantiza un diseño confiable y de calidad. En general, se establecen los parámetros básicos para el cumplimiento de los objetivos del diseño, se define el sistema de alumbrado, el tipo de luminarias a instalar, condiciones del entorno, se buscan estrategias para que la luz natural y la luz artificial trabajen de manera conjunta. En esta instancia ya se tiene un diseño básico bien estructurado. Muchas de la información básica de los diseños se pueden encontrar en datos técnicos ya suministrados, pero existe información que debe ser recolectada por medio de levantamientos visuales, fotométricos y eléctricos de ser necesarios.

III. DISEÑO DETALLADO[12]

Este diseño es obligatorio para alumbrado público, para áreas mayores a los 500 $\boldsymbol{m^2}$, el Parque Metropolitano El Porvenir cuenta con una extensión de 171.433 $\boldsymbol{m^2}$ según el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD).

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos físicos del proyecto de iluminación:

a) La selección de las luminarias.

b) El diseño geométrico y sistemas de montaje.

c) Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos.

d) La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.

e) Análisis económico y presupuesto del proyecto.

El diseñador deberá presentar como mínimo requisito la siguiente documentación:

a) Planos de montaje y distribución de luminarias.

b) Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos.

c) Cálculos eléctricos.

d) Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía.

e) El esquema y programa de mantenimiento.

f) Las especificaciones de los equipos recomendados.

[11]RETILAP, Sección 210.2.2
[12]RETILAP, Sección 210.2.3

3.6 USO RACIONAL DE ENERGÍA (URE) ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO[13]

Para garantizar un diseño de iluminación eficiente y de calidad en áreas de espacio público sean vías, senderos, parques; es necesario que se cumplan los siguientes conceptos:

a) Usar luminarias que permitan mayor interdistancia y menor altura de montaje en los diseños.

b) Instalar luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS), es decir, el porcentaje de flujo luminoso emitido por encima del plano horizontal de la luminaria. Un FHS elevado produce contaminación visual y lumínica no deseada.

c) Usar conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica.

d) Usar equipos para el conjunto eléctrico con bajas perdidas de potencia.

e) Elegir correctamente los ángulos de apertura para los proyectores.

f) Atender las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores.

g) Usar controles temporizados para proyectores.

3.7 DISEÑOS FOTOMÉTRICOS[14]

En los diseños fotométricos de los proyectos de alumbrado público, se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos y conceptos generales, según se aplique:

a) Es necesario realizar el levantamiento de la infraestructura del alumbrado público existente en la zona para poder determinar qué elementos son de utilidad o por el contrario que elementos son reemplazables o desechables, de esta manera se puede establecer que tramos del alumbrado pueden ser aprovechados, modificados o eliminados.

b) El diseñador deberá registrar si por algún motivo se modificaron parámetros del diseño fotométrico como niveles de iluminancia/luminancia, alturas de montaje de luminarias, interferencia con líneas de alta tensión, accidentes geográficos, etc.

c) Tanto el diseño de alumbrado público como el diseño fotométrico deben soportarse mutuamente, de esta manera, la calidad y cantidad de iluminación prevalecerán.

d) Se debe contar con al menos tres diseños fotométricos distintos con luminarias avaladas y certificadas de diferentes marcas, los diseños deben desarrollarse en su totalidad, no se permiten diseños parciales e incompletos.

e) Es necesario que se registre en memorias de cálculo y gráficamente sobre los planos del diseño fotométrico la altura de montaje, perfil de la vía, interdistancias, inclinación, posición de bombilla y avance de la luminaria

[13]RETILAP, Sección 210.3.3
[14]RETILAP, Sección 520.1

f) Los senderos peatonales y las vías, deberán iluminarse con las mismas luminarias salvo cuando los niveles de iluminación dispuestas para la calzada no sean suficientes para iluminar también los senderos.

g) Para que el alumbrado público y la arborización puedan coexistir se deben tener en cuenta las distancias mínimas de los postes con los árboles, de esta manera, se aprovecha mejor la luz en estas zonas.

h) El diseñador deberá realizar una comparación técnica y económica para una vida útil de 30 años, comparando mínimo tres distintas posibilidades de los equipos de iluminación.

3.8 USO DE SOFTWARE EN EL DISEÑO FOTOMÉTRICO DE ALUMBRADO PÚBLICO[15]

Todo diseñador que utilice software especializado para un diseño de iluminación, dialux para este caso en particular, deberá suministrar información pertinente que permita a los entes evaluadores del proyecto comparar y recomendar la propuesta que más se ajuste a las necesidades de la zona, teniendo en cuenta los resultados técnicos y económicos.

El software deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

a) Debe tener un reporte de validación de pruebas de sus resultados, expedido por un organismo o laboratorio de iluminación acreditado, nacional o internacional. Luminotest, por ejemplo, es un laboratorio nacional acreditado por el organismo nacional de acreditación en Colombia ONAC y su función principal es la de realizar ensayos eléctricos y de iluminación, además de verificación de software entre otros servicios.

b) Es propicio que el software sea coordinado por un profesional competente, capaz de interpretar resultados arrojados por el software.

c) El software para el diseño de alumbrado público debe utilizar en sus rutinas de cálculo la metodología de la norma CIE 140 o de las planteadas en el presente reglamento.

d) Dialux debe estar en la capacidad de permitir el ingreso de todos los parámetros y variables necesarios para la ejecución del diseño de iluminación.

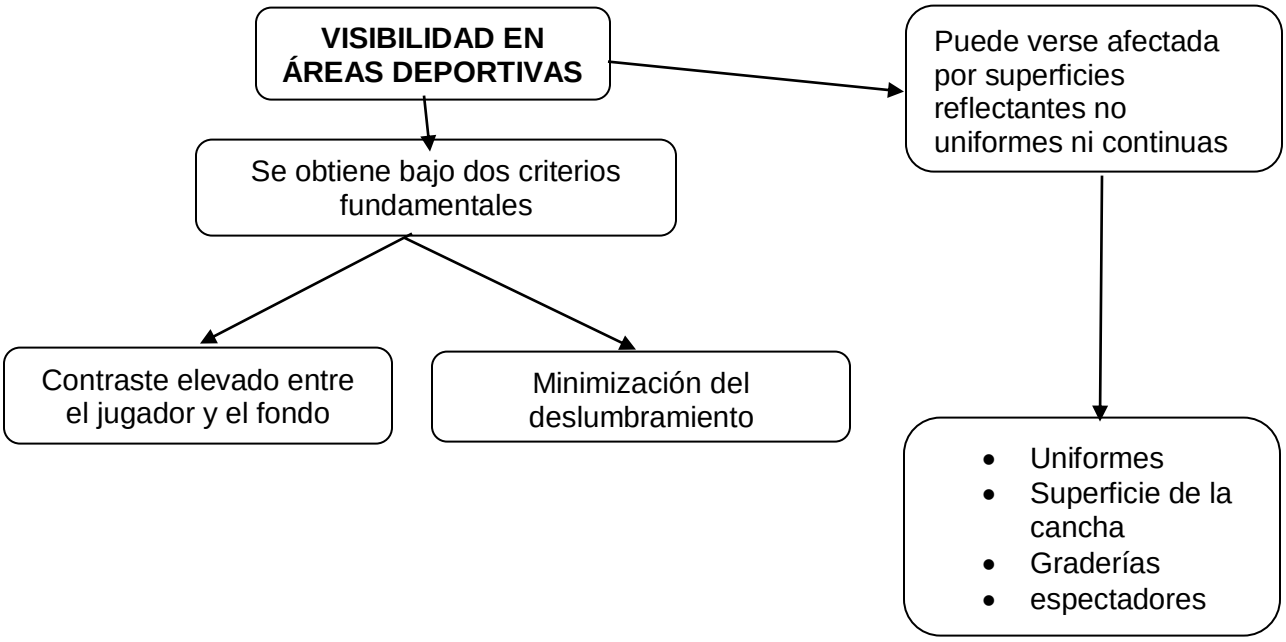
e) Los resultados entregados por dialux deben ser obtenidos de forma numérica, luminancia media, uniformidad, iluminancia mínima y media.

f) El software debe permitir la identificación y medidas de las mallas de cálculo, así como las posiciones del observador.

[15]RETILAP, Sección 520.2

3.9 ILUMINACIÒN DE ESCENARIOS DEPORTIVOS O CREATIVOS

CRITERIOS GENERALES[16]



Por lo anterior, los diseños y los cálculos se deben basar en la cantidad de luz incidente o Iluminancia, Tanto horizontal como vertical:

CARACTERÍSTICAS
Iluminancia horizontal: • Determina el nivel de luz en el terreno de juego. • Crea las condiciones de contraste correcto con el fondo. • Responsable de la mayor parte de la iluminación del campo. • Determina el estado de adaptación del ojo.
Iluminancia vertical: • Importante en el reconocimiento de objetos. • Utilizada en escenarios de torneos con gran afluencia de público. • Debe provenir de todas las direcciones para evitar sombras que dificultan la visibilidad. • Se calcula a 1.80 metros del nivel de la cancha.

Tabla 1.4. Características iluminancia horizontal vs iluminancia vertical.

La iluminancia horizontal que se requiere para un campo deportivo depende de los siguientes factores:

[16]RETILAP, Sección 560.3.1

- Nivel de competencia
- Tipo de juego
- La siguiente tabla muestra los niveles de iluminancia horizontal en luxes para los criterios nivel de juego y uniformidad:

Deporte	Nivel de juego			Uniformidad (E_{min}/E_{max})	
	Recreativo	Entrenamiento	Competencia	Entrenamiento	Competencia
Fútbol	50(100)	60(150)	>600	1:3	2:3
Voleibol	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Baloncesto	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Tenis	150	250	400 a 700	1:2	2:3
Béisbol	150	250	400 a 700	1:2	2:3

Tabla 1.5. Niveles de iluminancia horizontal. **FUENTE** RETILAP[17]

3.10 DISPOSICIÓN DE SOPORTES DE LOS EQUIPOS DE ALUMBRADO DE CAMPOS DEPORTIVOS.[18]

Para garantizar un nivel adecuado de iluminancia en áreas deportivas se deben tener en cuenta las siguientes generalidades:

1) Los postes o apoyos para la iluminación de campos deportivos exteriores de uso público, se ubican en disposición lateral al campo de juego o en los vértices del campo.
2) La distancia mínima de separación entre la cancha y el pie de los postes depende en general de la calidad del escenario.
3) Este mismo escenario, con gradería para torneos locales, debe colocar los postes detrás de la gradería, a unos 10 m de la cancha.

La forma para calcular la altura de montaje de los soportes de alumbrado público para áreas deportivas es la siguiente:

$$h_m = \left(\frac{w}{3} + Sep\right) Tan\,(30)$$

-

$h_m = Altura\ de\ montaje\ mínima$
$w = Ancho\ del\ campo\ deportivo$
$sep = superación\ entre\ el\ campo\ y\ los\ postes$

[17]RETILAP, Tabla 560.3.1
[18]RETILAP, Sección 560.3.3

La siguiente figura representa la relación entre la separación del campo y altura para hallar la altura de montaje:

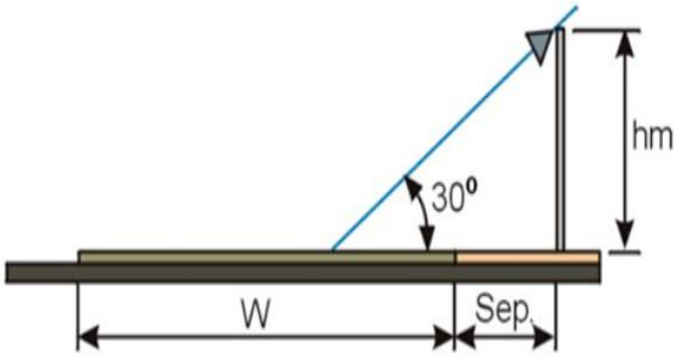


Figura 1.1. Fuente RETILAP[19]

El siguiente cuadro muestra la disposición de los postes o soportes de acuerdo con el tipo de cancha que se quiera iluminar:

Cancha sencilla	Canchas múltiples	Canchas de fútbol
Se utilizan 4 postes dispuestos dos a cada lado del campo. véase figura 1.2.	Se utilizan 4 postes dispuestos en los costados laterales o dos postes ubicados en el centro de las canchas, cada uno con doble luminaria. Véase figura 1.3.	Se utilizan 4 postes de 12 a 20 metros de altura ubicados en las aristas de campo. También se utilizan postes de 16 metros de altura, dos a cada lado del campo.

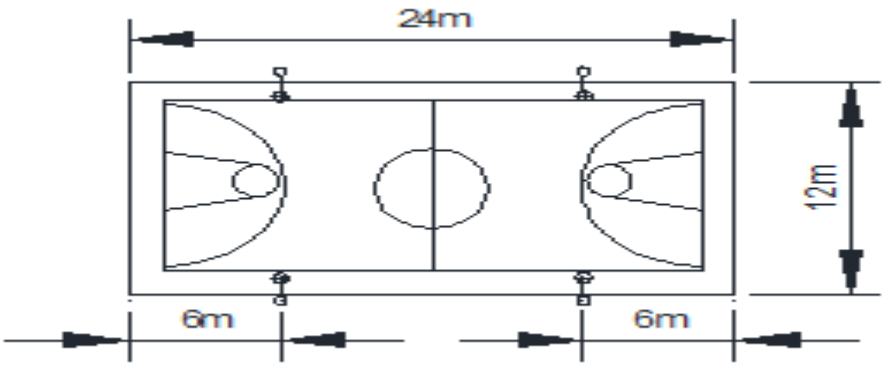


Figura 1.2. FUENTE RETILAP.[20]

[19]RETILAP, Figura 560.3.3a
[20]RETILAP, Figura 560.3.3b

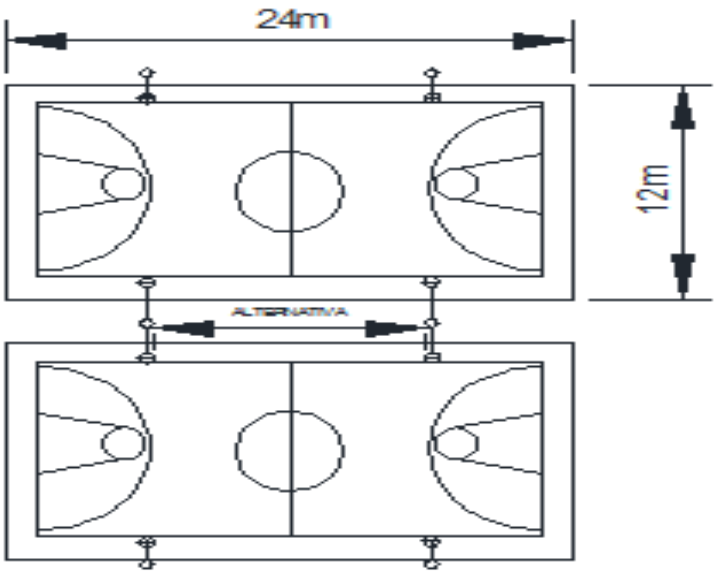


Figura 1.3. FUENTE RETILAP[21]

3.11 VÍAS PARA TRÁFICO PEATONAL Y CICLISTAS[22]

En la siguiente tabla se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales:

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. *Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.*	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. *Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente*	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Tabla 1.5. Clases de iluminación para áreas peatonales. **FUENTE** RETILAP[23]

[21]RETILAP, Figura 560.3.3c
[22]RETILAP, Sección 510.1.2
[23]RETILAP, Tabla 510.1.2

3.12 REQUISITOS DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS PEATONALES Y DE CICLISTAS.[24]

En la siguiente tabla se asocian, a las clases de iluminación los valores de iluminancia que se deben satisfacer en los distintos tipos de vías peatonales.

Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20,0	7,5
P2	10,0	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No aplica	No aplica

Tabla 1.6. Requisitos mínimos de iluminación en áreas peatonales. **FUENTE** RETILAP[25]

3.13 NIVELES EXIGIDOS DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA EN ALUMBRADO PÚBLICO. [26]

La siguiente tabla muestra los requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes:

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores		
							En andenes adyacentes		Alrededor sin andenes
CLASE DE ILUMINACIÓN	L_{prom}	U_o	U_l	TI	E_{prom}	U_o	E_{prom}	U_o	SR
	cd/m^2	≥ %	≥ %	≤ %	luxes	≥ %	luxes	≥ %	%
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R	15	7.5	40	5	33	N.R.

Tabla 1.7. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes. **FUENTE** RETILAP[27]

[24]RETILAP, Sección 510.2.2
[25]RETILAP, Tabla 510.2.2
[26]RETILAP, Sección 510.3
[27]RETILAP, Tabla 510.3.a

En la anterior tabla es pertinente aclarar las siguientes abreviaturas:

$Lprom = luminancia\ promedio\ mínima$
$LO = uniformidad\ general$
$UI = uniformidad\ longitudinal$
$TI = restricción\ del\ deslumbramiento$
$EPROM = iluminancia\ promedio$
$N.R = no\ requerido$

La siguiente tabla muestra la fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares:

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq$ %
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledañas a puentes peatonales y vehiculares	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás áreas peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distantes de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas	C4	10	40

Tabla 1.8. Fotometría en áreas distintas a vías vehiculares. **FUENTE** RETILAP[28]

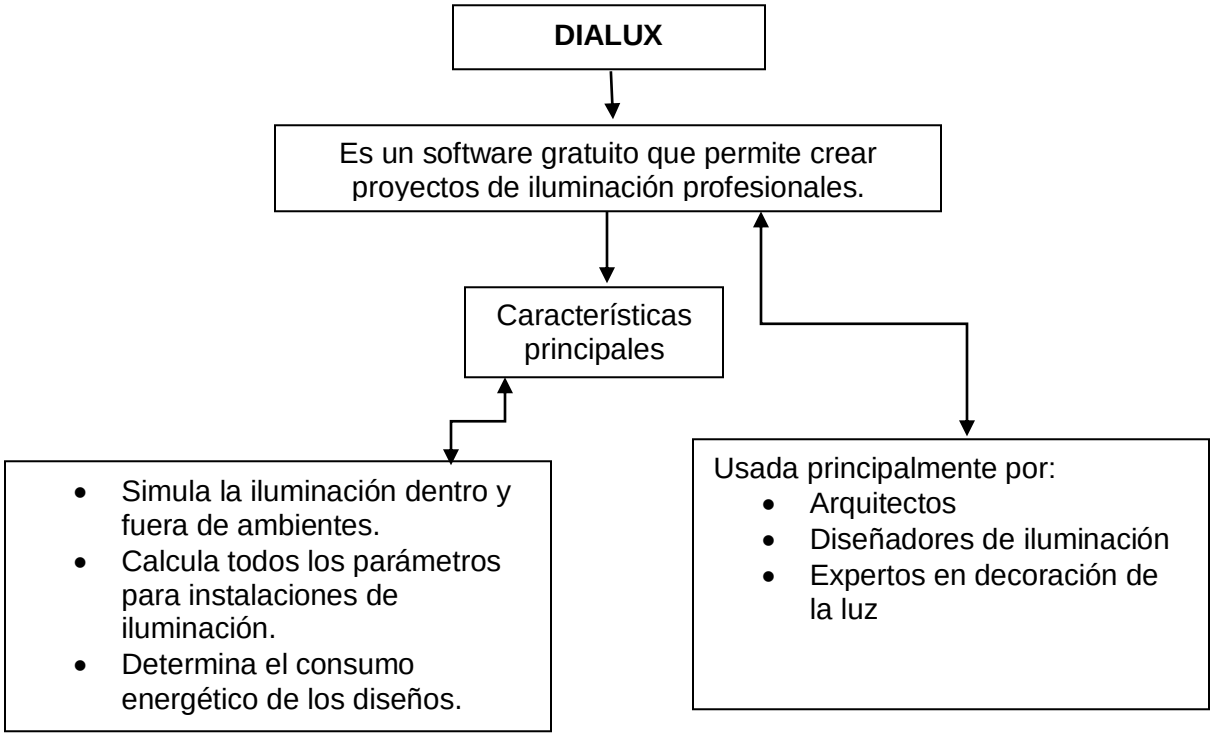
3.14 ZONA DE JUEGOS Y PARQUES INFANTILES[29]

En la búsqueda de referencia de los niveles de iluminación de parques infantiles existe un caso en donde se toma un criterio de iluminación para un parque infantil del municipio de Herrán en donde se aseguraron de llevar a cabalidad la norma colombiana de iluminación pública RETILAP. En el diseño de iluminación de la unidad deportiva del municipio de Herrán (N. de S.) realizado por Iván Martin Ponce Vera como proyecto final para optar por el título de especialista en iluminación pública y privada, en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Documento dirigido por el ingeniero Edgar Parra. Se indican los criterios que rigieron el desarrollo en áreas a iluminar para la unidad deportiva del municipio de Herrán (N. de S.)
Cumplimiento de las normas vigentes colombianas algunas de ellas con las mismas especificaciones

[28]RETILAP, Tabla 510.3.b
[29]DISEÑO DEL LA ILUMINACION DE LA UNIDAD DEPORTIVA DEL MUNICIPIO DE HERRAN (N. DE S.). IVAN MARTIN PONCE VERA. 2010.

del Parque Metropolitano El Porvenir y recomiendan los siguientes valores:
Nivel de iluminancia: 40 luxes
Uniformidad (Emin/Eprom):> 0.4 (Vera, 2010).

3.15 SOFTWARE DIALUX 4.0[30]



Ventajas de Dialux[31]

- Tiene la posibilidad de acceder a datos actualizados de empresas y fabricantes de todo el mundo.
- Toda la información puede descargarse en formato PDF.
- Se pueden estudiar superficies específicas a interés del diseñador.
- Permite importar y exportar cualquier archivo CAD.

[30] (Disano Iluminazione, 2019)
[31]Curso Dialux, SEED studio, http://www.studioseed.net/dialux/.

3.16 SOFTWARE ULYSSES [32]

El software Ulysses fue la herramienta que usaron los diseñadores del proyecto el Parque Metropolitano El Porvenir para calcular los requisitos fotométricos postulados en la norma RETILAP. Las variables fotométricas resultado del cálculo fueron organizadas y comparadas con los niveles de iluminación aceptadas por la norma. Por lo cual el proyecto fue aprobado por la UAESP quienes aceptaron los niveles obtenidos por el software Ulysses. En esta sección: Primero: se hablará de los creadores del fabricante del programa Ulysses. En segundo lugar, se trata la procedencia del software de iluminación. Además, las características del actual software de iluminación en su manejo y desempeño. Por último, schreder como fabricante y diseñador del Parque.

Ulysses es un programa realizado por la empresa de iluminación y decoración interior y exterior llamada Schreder. Schreder es una compañía multinacional de gran prestigio en el área de iluminación por sus proyectos. La compañía fue creada en el año 1906 en Bélgica y ha realizado reconocidos proyectos hasta el día de hoy. Uno de ellos y muy importante en la historia es el túnel submarino, también llamado Euro túnel que conecta Inglaterra y Francia bajo el Canal de la Mancha, iluminando todo este trayecto con más de 30.000 lámparas. En un artículo del periódico El Tiempo dice: "Todas las lámparas están identificadas con la marca Schreder, lo que, a juicio de los conocedores de la trayectoria de esta empresa belga, suscita la confianza en sus resultados y en su calidad" (25 de noviembre de 1995). Ulysses es un programa nuevo; este tipo de software lleva 2 décadas actualizando su tecnología para facilitar los cálculos de iluminación, esto por el rápido crecimiento de tecnología informática que también es reciente.

El software actualmente es de mucha ayuda para el análisis fotométrico de exteriores e interiores. Este programa puede calcular la luminancia de un espacio y una superficie, ángulo de la luminaria, uniformidad y realizar otros tipos de cálculos. Además, el software cuenta con proceso de renderizado para simulación 3D. Su plataforma de manejo es muy similar a la del resto de programas donde se organizan los espacios, zonas, elementos, texturas, materiales que se van incorporando hasta crear el espacio que se desea o más se aproxima. La inserción de luminarias también es muy similar ya que se necesita una librería de las luminarias. Debido a la estructura de manejo de muchos tipos de programas de iluminación que usan las librerías de diferentes fabricantes en donde cada archivo de luminaria tiene sus respectivas curvas fotométricas, con las cuales el programa hace los cálculos.

[32] Prestigio mundial en iluminación. Redacción el tiempo 25 de noviembre 1995. https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-464220

Una desventaja de este programa es que no es gratuito y se necesita un permiso otorgado por los fabricantes para poder usarlo; algunas veces es accesible en el ámbito educativo, pero nunca como comercial o personal. Dialux a diferencia de Ulysses es totalmente gratuito, intuitivo y el renderizado es eficiente. Además, Se logran escenas en 3D de buena calidad con bajos requisitos tecnológicos. Por último, tiene una extensa librería de luminarias y posee un alto nivel de compatibilidad con archivos de otros programas similares de diseño como CAD o Sketchap.

La empresa Schreder está en casi todos los países latinoamericanos, incluyendo Colombia donde se han realizado muchos proyectos y uno de ellos es el Parque Metropolitano El Porvenir. En este proyecto se utilizaron luminarias de última tecnología LED fabricada por la compañía Schreder: luminarias Teceo y Omnistar diseñadas para exteriores, caminos peatonales y zonas deportivas, entre otras. Los cálculos de iluminación también son resultado de este software que son visibles en los planos entregados del proyecto los cuales fueron aprobados por la UAESP y se tiene acceso a ellos como herramienta en este proyecto. Los resultados arrojados por el software Ulysses cumplen con los niveles de iluminación recomendados por el RETILAP como se postula en la nota numero dos (2), visible en los planos.

Los requisitos fotométricos postulados en la norma RETILAP fueron usados por los diseñadores del proyecto del Parque Metropolitano El Porvenir. Observamos las variables fotométricas resultado del cálculo que fueron organizadas y comparadas con los niveles de iluminación aceptadas por la norma. Se Habló de del fabricante del programa Ulysses y se trató la procedencia del software de iluminación. Además, expusimos las características del actual software de iluminación en su manejo y desempeño. Finalmente, corroboramos que una herramienta esencial en el desarrollo del proyecto está a la vanguardia de las exigencias actuales de iluminación en el ámbito profesional. (Tiempo, 1995).

Luminaire	Optics	Nb. LED	Current	CCT	CRI	Source flux	Luminaire flux	Power
OMNIstar	5118	128	500	5700	70	28685	23238	200,00
OMNIstar	5118	128	500	4000	70	28685	23238	200,00
OMNIstar	5118	128	500	3000	80	25920	20999	200,00
OMNIstar	5118	128	700	5700	70	37184	30124	284,00
OMNIstar	5118	128	700	4000	70	37184	30124	284,00
OMNIstar	5118	128	700	3000	80	33600	27221	284,00
OMNIstar	5118	128	1000	5700	70	47383	38387	416,00
OMNIstar	5118	128	1000	4000	70	47383	38387	416,00

Tabla 1.9. Características luminarias Omnistar.[33]

[33]Catálogo Schreder

3.17 CARACTERÍSTICAS DELOS EQUIPOS UTILIZADO PARA REALIZAR LA SIMULACIÓN EN DIALUX

Características	Equipo 1	Equipo 2
Sistema operativo	Microsoft Windows 10 Pro	Microsoft Windows 7 Professional (64 bits)
Procesador	Intel ® Core™ i5-2310 CPU@ 2.90GHz	Intel ® Core™ i3 CPU M 380 @ 2.53GHz
Memoria	7895 MB	4096 MB
BIOS	2126.0	1.00 BIOS A11 PARTTBL
Procesador gráficas	Intel® HD graphics 2000	Intel® HD graphics 2000
Version DirectX	11.0	11.0

Tabla1.10. Características principales de los equipos utilizados para trabajar con dialux.

3.18 PARQUE METROPOLITANO PORVENIR DE BOSA

El Parque Metropolitano El Porvenir está dividido en 17 subparques, de los cuales se analizarán dos partes (parques 16 y 17) cada parte tiene sus correspondientes zonas a las cuales se le realizará el diseño y estudio fotométrico.

Parque 17

- Cancha de futbol 15SR221 D
- Cancha de tenis 01 15SR221 C2
- Cancha de tenis 02 15SR221 C2
- Cancha de tenis 03 15SR221 C2
- Cancha de tenis 04 15SR221 C2
- Plazoleta 01 15SR221 E
- Área 01 15SR221 X2
- 2 x Microestancias 15SR221 B
- 2 x Senderos 15SR221 A

Parque 16

- Vóley playa 15SR221 F
- Zona de juegos 01 15SR221 G
- Zona de juegos 02 15SR221 G
- 4 x Microestancias 15SR221 B
- 3 x Senderos 15SR221 A

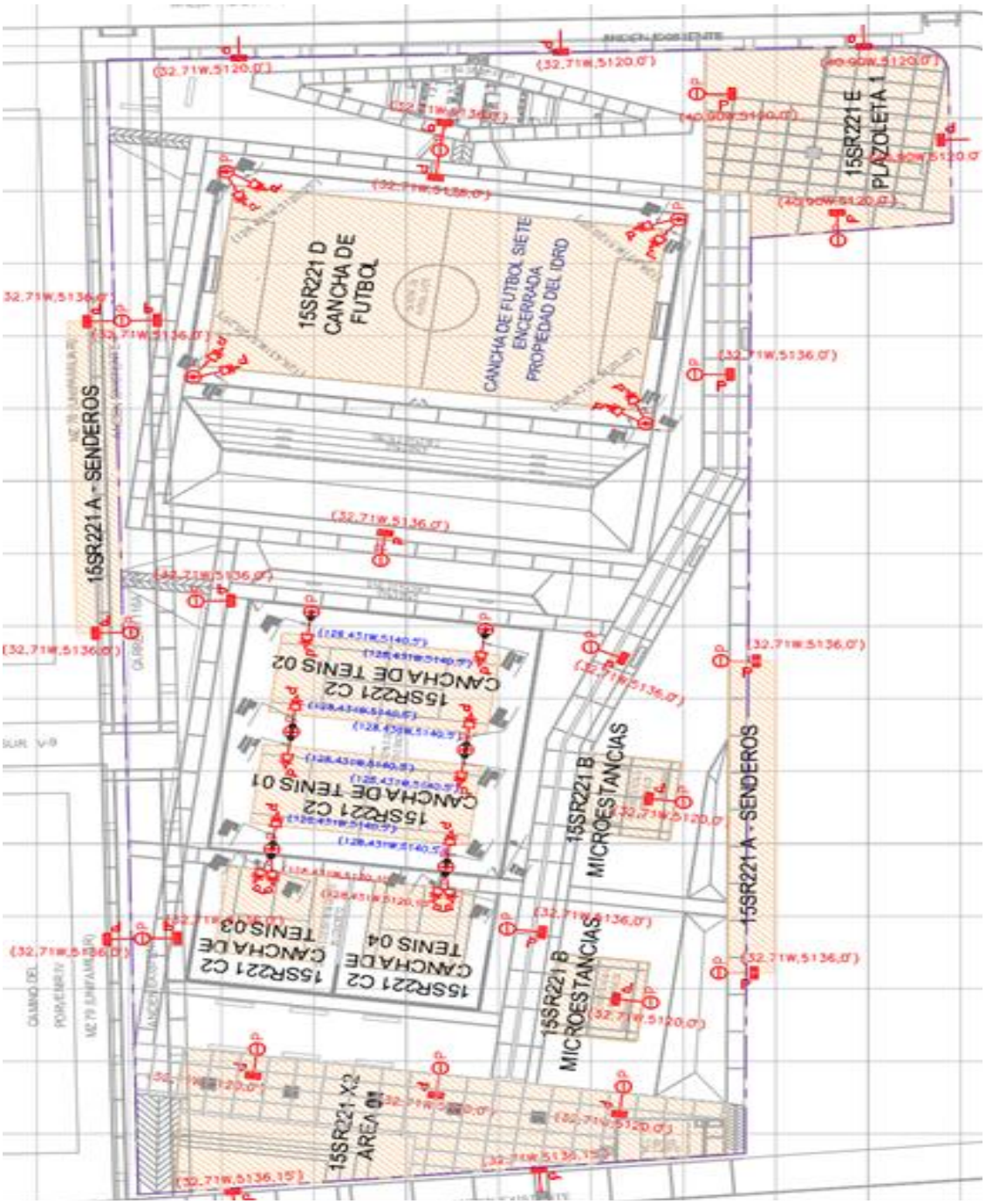


Figura 1.4. Parque Metropolitano El Porvenir (parque17).

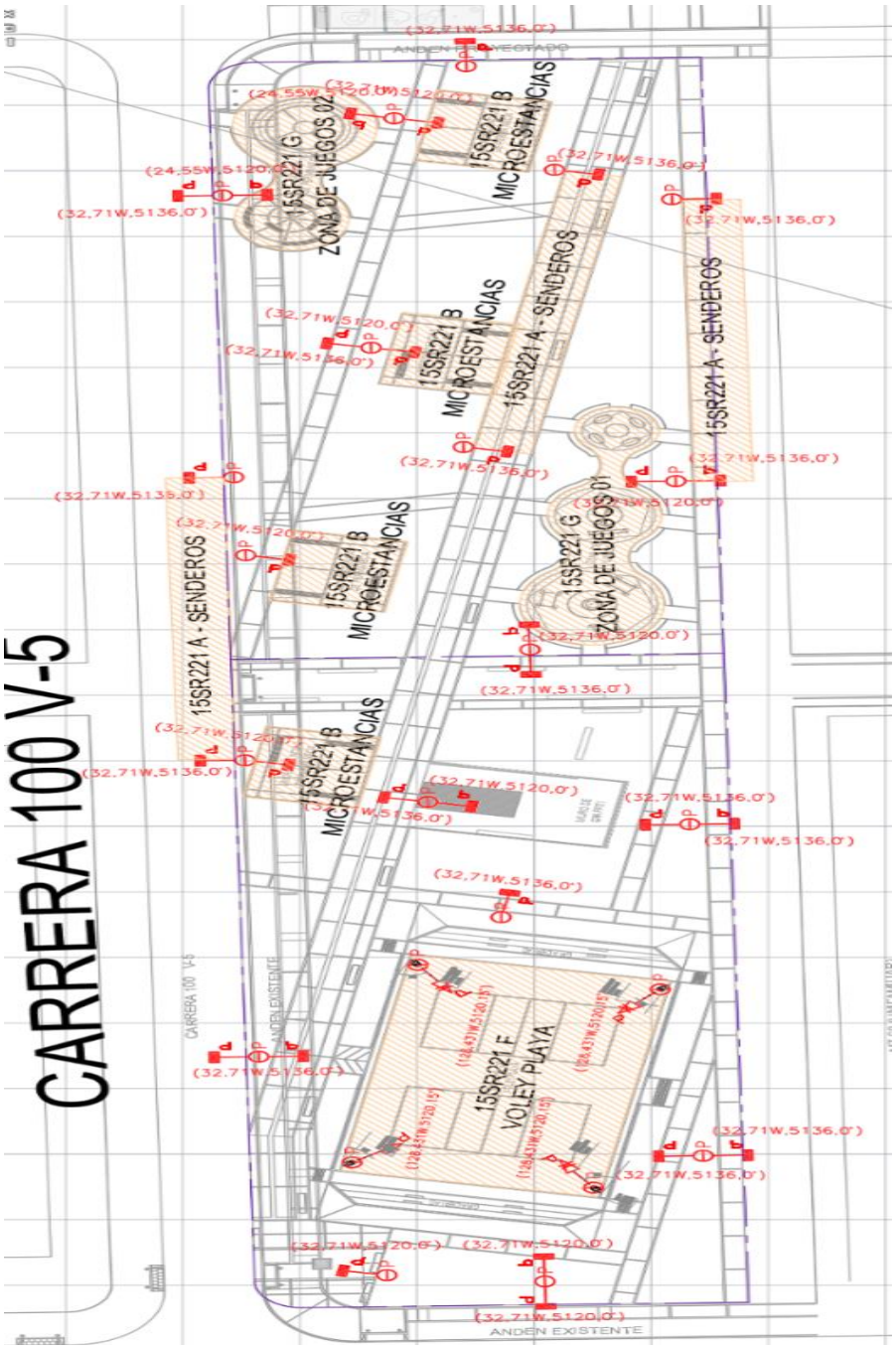


Figura 1.5. Parque Metropolitano El Porvenir (parque 16).

3.19 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS LUMINARIAS LED UTILIZADAS

ZONA DEL PARQUE	LUMINARIAS
Cancha de futbol 15SR221 D	• 4 x Omnistar 128 LEDS 5120
Cancha de tenis 01 15SR221 C2	• 4 x Omnistar 128 LEDS 5140
Cancha de tenis 02 15SR221 C2	• 4 x Omnistar 128 LEDS 5140
Cancha de tenis 03 15SR221 C2	• 2 x Omnistar 128 LEDS 5120
Cancha de tenis 04 15SR221 C2	• 2 x Omnistar 128 LEDS 5120
Plazoleta 01 15SR221 E	• 4 x Teceo 1 40 LEDS 5120
Área 01 15SR221 X2	• 5 x Teceo 1 32 LEDS 5120
Vóley playa 15SR221 F	• 4 x Omnistar 128 LEDS 5120
Zona de juegos 01 15SR221 G	• 2 x Teceo 1 32 LEDS 5120 • 2 x Teceo 1 32 LEDS 5136
Zona de juegos 02 15SR221 G	• 2 x Teceo 1 24 LEDS 5120 • 1 x Teceo 1 32 LEDS 5120 • 1 x Teceo 1 32 LEDS 5136
Microestancias 15SR221 B	• 1 x Teceo 1 32 LEDS 5120
Senderos 15SR221 A	• 1 x Teceo 1 32 LEDS 5136

Tabla 1.11. Luminarias utilizadas para cada zona objeto de estudio del parque.

Luminaria	Numero LEDS	Corriente (mA)	Potencia (W)	Matrix (Schreder)
Teceo 1	32	700	71	5120
Teceo 1	32	700	71	5136
Teceo 1	24	700	55	5120
Teceo 1	40	700	90	5120
Omnistar	128	1000	431	5120
Omnistar	128	1000	431	5140

Tabla 1.12. Características principales de las luminarias.

4.0 METODOLOGÍA

A continuación se da a conocer la metodología empleada para realizar el análisis fotométrico del Parque Metropolitano El Porvenir.

1) Una vez obtenidos los planos del parque que fueron suministrados por el fabricante Schreder, se identifican las zonas objeto de estudio, el estudio está enfocado en la fotometría de los parques 16 y 17, estos a su vez tienen zonas más específicas que deberán ser analizadas por separado.

2) Con el software Dialux, se realiza la fotometría de cada zona del parque por separado y se recolecta la información obtenida. A esta manera de realizar la fotometría se le denominó método por partes.

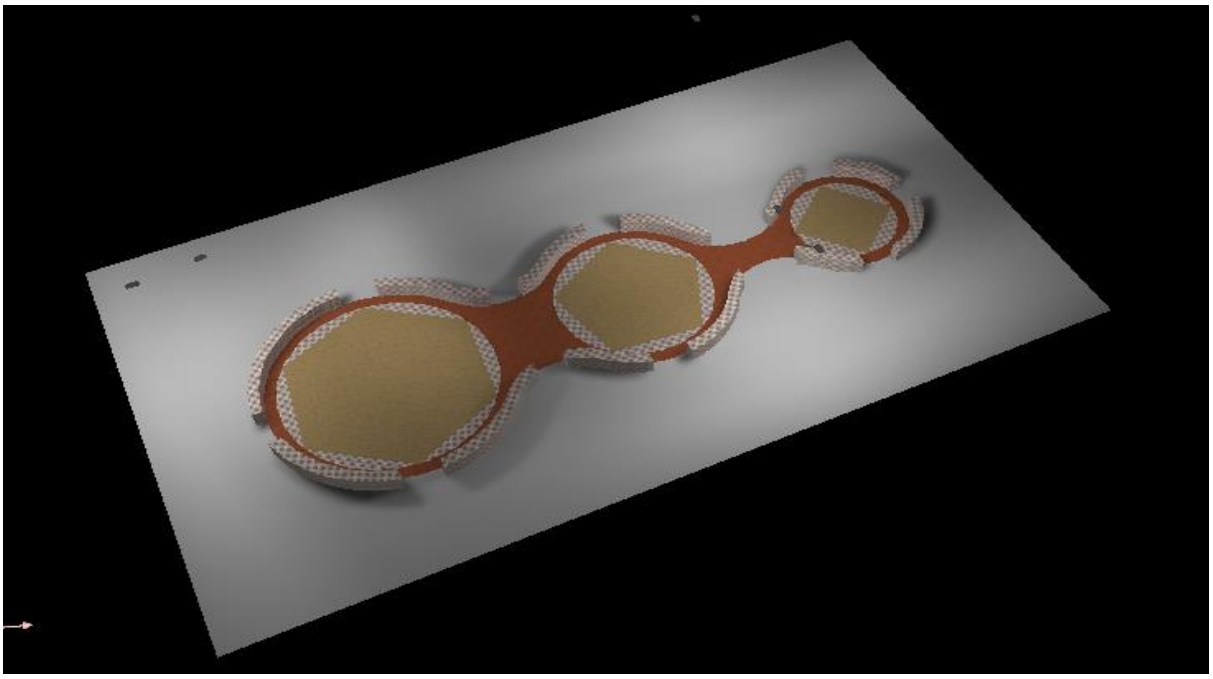


Figura 2.1 Diseño zona de juegos 01 15SR221 (parque 16) con el método por partes.

3) Con el software Dialux, se realiza la fotometría de la totalidad de las zonas de cada parque (16 y 17) y se recolecta la información obtenida. A esta manera de realizar la fotometría se le denominó método unificado.

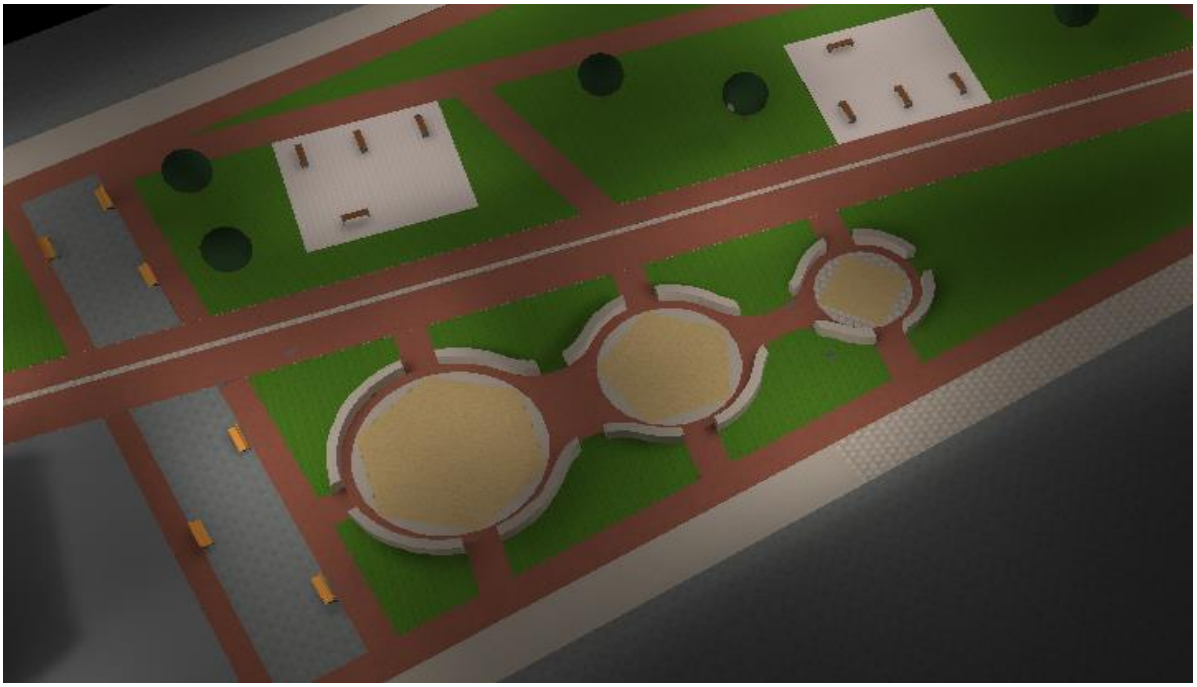


Figura 2.2 Diseño zona de juegos 01 15SR221 (parque 16) con el método unificado.

Dialux ofrece tres maneras en las que se puede visualizar la fotometría de cada zona objeto de estudio. (Isolíneas, graficas de valores y gama de grises). Los resultados entregados por el fabricante Schreder se visualizan en isolíneas por lo que resulta conveniente entregar los resultados de la misma manera.

4. Los resultados que arroja Dialux son los siguientes:

- Iluminancia máxima ($Emax$)
- Iluminancia mínima ($Emin$)
- Iluminancia promedio (Em ó AVG)
- Relación porcentual entre iluminancia máxima e iluminancia promedio ($Emax/Em$)
- Relación porcentual entre iluminancia mínima e iluminancia promedio ($Emin/Em$)

Una vez se obtienen estos datos de ambos métodos de análisis, se establece el porcentaje de error que tiene cada método y los datos que fueron obtenidos por el fabricante Schreder. De manera similar se establece el porcentaje de error que presenta un método y el otro. Estos cálculos porcentuales se repiten para cada una de las zonas específicas del parque.

5.0 RESULTADOS

A continuación, se dan a conocer los resultados obtenidos por medio del software Dialux, básicamente, se realizó dos diferentes tipos de medición, una completa o como se ha llamado “método unificado” y otra por zonas o “método por partes”.

También se puede observar una tabla adicional que corresponde a los valores en porcentaje de error que existe entre los resultados de ambos métodos comparándolos con los datos suministrados por el software Ulysses (fabricante Schreder).Los datos que se comparan son los valores máximos, mínimos y promedios de luxes que están presentes en cada una de las zonas.

Debido a que no existe una norma o valor estándar que pueda determinar qué porcentaje de error son o no significativos para este estudio, se decide poner una incertidumbre del 10%, considerando que resultados que estén en este rango, son valores óptimos a tener en cuenta para poder concluir.

5.1 PARQUE 17

En la siguiente información se dará a conocer los resultados obtenidos mediante el software Dialux para las zonas correspondientes al parque 17.

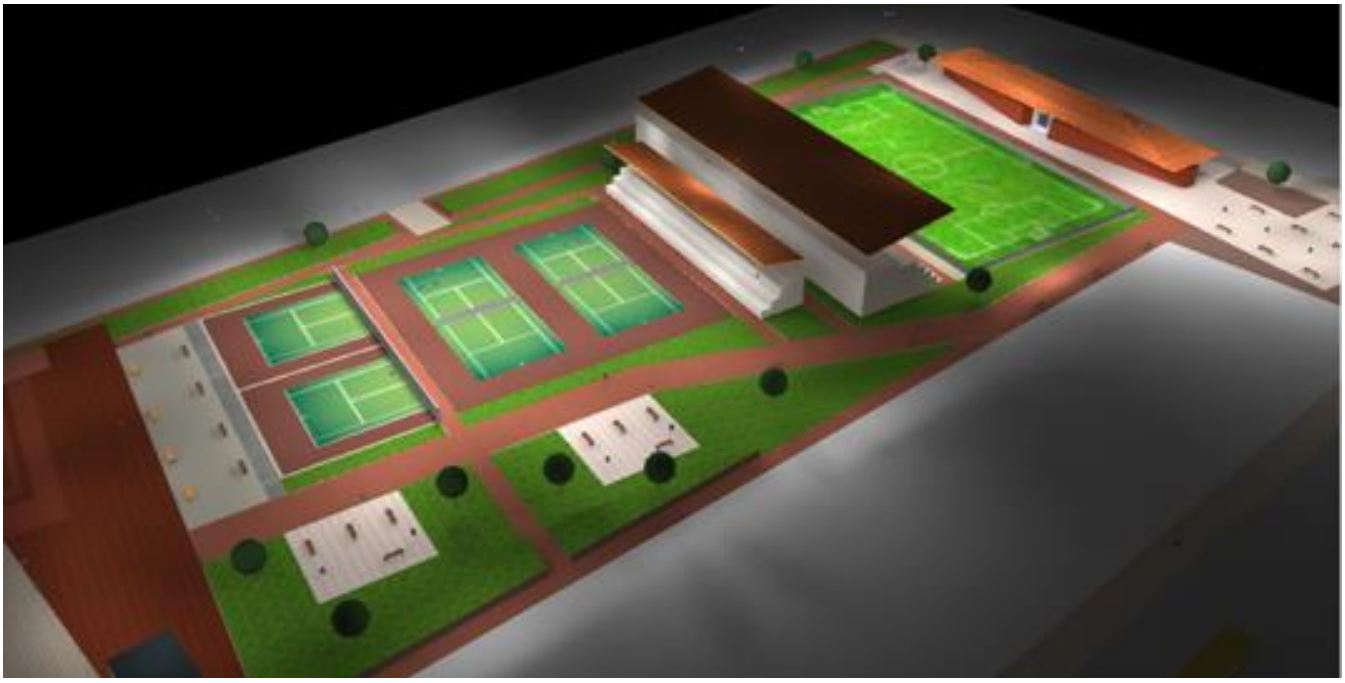


Figura 3.1. Diseño del Parque Metropolitano El Porvenir (parque 17). **FUENTE** propia.

5.1.1 CANCHA DE FUTBOL 15SR221 D

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**122**	**58**	**92**	**63**	**47**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**123**	**58**	**90**	**58**	**42**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**129**	**64**	**93**	**69**	**50**

Tabla 2.1. Resultados del software Dialux para la cancha de futbol 15SR221 D.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-5.4	-9.4	-1.1	-4.7	-9.4	-3.2	0.8	0	-2.2

Tabla 2.2. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de futbol 15SR221 D.

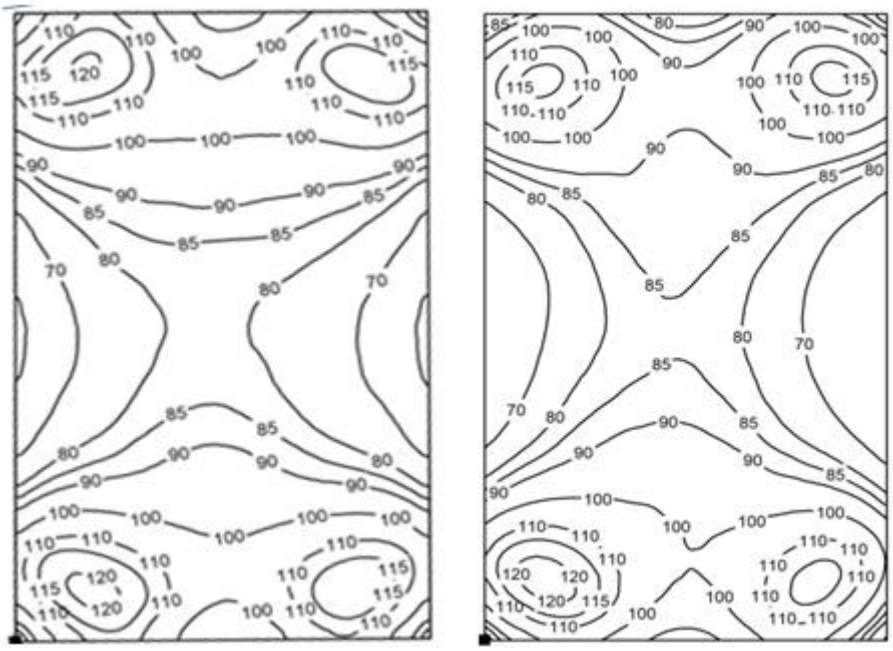


Figura 3.2. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de la cancha futbol.

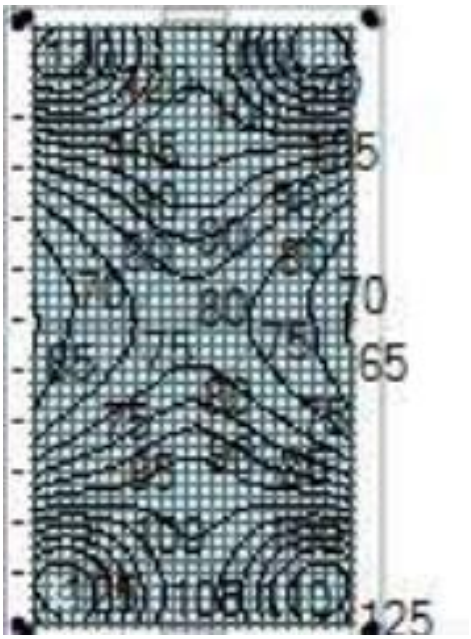


Figura 3.3. Diagrama isolíneas cancha de futbol software Ulysses, fabricante Schreder.

5.1.2 CANCHA DE TENIS 01 15SR221 C2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**197**	**149**	**172**	**86**	**76**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**197**	**149**	**171**	**87**	**75**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**209**	**161**	**184**	**87**	**77**

Tabla 2.3. Resultados del software Dialux para la cancha de tenis 01 15SR221 C2.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-5.7	-7.5	-6.5	-5.7	-7.5	-7.1	0	0	-0.6

Tabla 2.4. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de tenis 01 15SR221 C2.

5.1.3 CANCHA DE TENIS 02 15SR221 C2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**165**	**116**	**143**	**81**	**70**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**163**	**110**	**141**	**78**	**67**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**178**	**114**	**153**	**75**	**64**

Tabla 2.5. Resultados del software Dialux para la cancha de tenis 02 15SR221 C2.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-7.3	1.8	-6.5	-8.4	-3.5	-7.8	-1.2	-5.2	-1.4

Tabla 2.6. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de tenis 02 15SR221 C2.

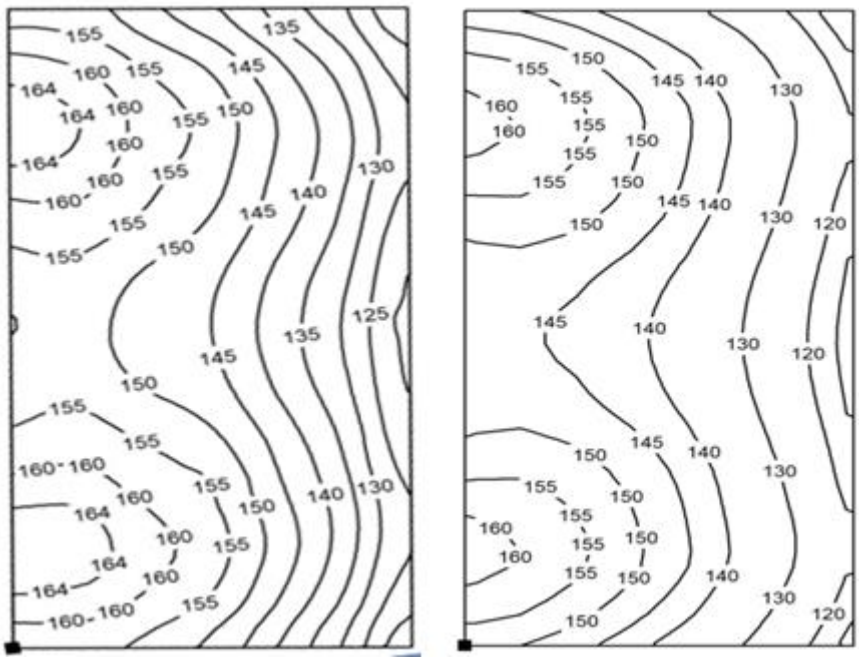


Figura 3.4. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de la cancha de tenis 02

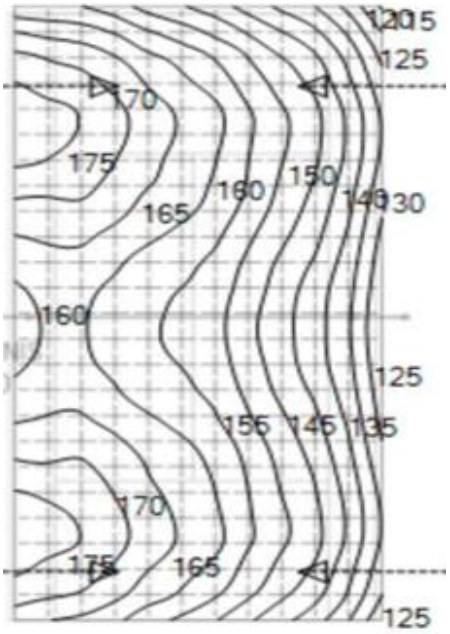


Figura 3.5. Diagrama isolíneas cancha de tenis 02 software Ulysses, fabricante schreder

5.1.4 CANCHA DE TENIS 03 15SR221 C2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**183**	**91**	**141**	**65**	**50**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**179**	**91**	**136**	**67**	**50**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**198**	**101**	**150**	**67**	**51**

Tabla 2.7. Resultados del software Dialux para la cancha de tenis 03 15SR221 C2.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-7.6	-9.9	-6.	-9.6	-9.9	-9.3	-2.2	0	-3.5

Tabla 2.8. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de tenis 03 15SR221 C2.

5.1.5 CANCHA DE TENIS 04 15SR221 C2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**186**	**101**	**146**	**70**	**55**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**179**	**96**	**136**	**66**	**50**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**198**	**105**	**151**	**70**	**53**

Tabla 2.9. Resultados del software Dialux para la cancha de tenis 04 15SR221 C2.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-6.1	-3.8	-3.3	-9.6	-8.6	-9.9	-3.8	-5	-6.8

Tabla 2.10. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de tenis 04 15SR221 C2.

Para los siguientes resultados no se tienen en cuenta los reflectores Omnistar presentes en la cancha de futbol y en las canchas de tenis para el método unificado, debido a que estas luminarias, según la norma, deben estar encendidas hasta la 1 de la mañana.

5.1.6 AREA 01 15SR221 X2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**49**	**8**	**26**	**37**	**19**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**54**	**8**	**24**	**30**	**13**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**50**	**8**	**24**	**35**	**17**

Tabla 2.11. Resultados del software Dialux para área 0115SR221.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-2	0	8.3	8.0	0	0	10.2	0	-7.7

Tabla 2.12. Porcentaje de error entre resultados para área 0115SR221 X2.

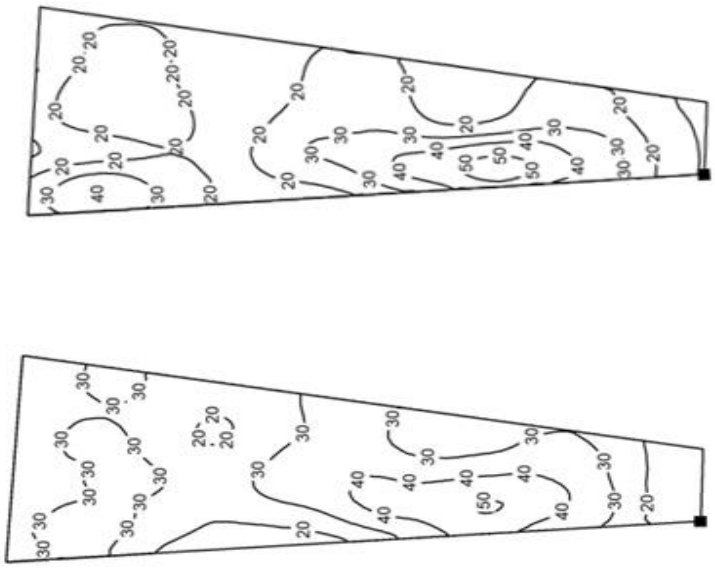


Figura 3.6. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de la área 01.



Figura 3.7. Diagrama isolíneas área 01 software Ulysses, fabricante Schreder.

5.1.7 PLAZOLETA 01 15SR221 E

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**54**	**10**	**32**	**27**	**16**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**51**	**10**	**31**	**28**	**17**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**50**	**11**	**31**	**36**	**22**

Tabla 2.13. Resultados del software Dialux para plazoleta 01 15SR221 E.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
8.0	-9.1	3.2	2.0	-9.1	0	-5.6	0	-3.1

Tabla 2.14. Porcentaje de error entre resultados para plazoleta 01 15SR221 E.

5.1.8 SENDEROS 15SR221 A PARQUE 17

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**32**	**6**	**16**	**50**	**26**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**31**	**6**	**15**	**42**	**19**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**33**	**6**	**15**	**41**	**19**

Tabla 2.15. Resultados del software Dialux para senderos 01 15SR221 A parque17.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min(%)**	**AVG(%)**	**Max (%)**	**Min(%)**	**AVG(%)**	**Max (%)**	**Min(%)**	**AVG(%)**
-3	0	6.7	-6.1	0	0	-3.1	0	-6.3

Tabla 2.16. Porcentaje de error entre resultados para senderos 01 15SR221 A parque 17.

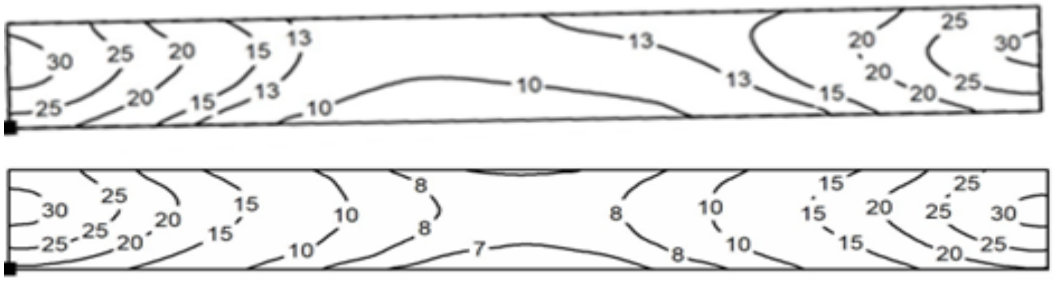


Figura 3.8. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de senderos parque 17.

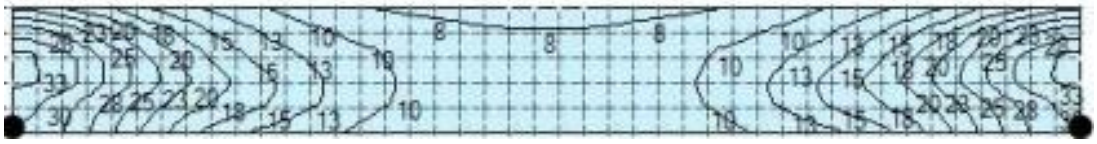


Figura 3.9. Diagrama isolíneas senderos parte A software Ulysses, fabricante Schreder.

5.1.9 MICROESTANCIA 15SR221 B PARQUE 17

	Max(lux)	**Min(lux)**	**AVG(lux)**	**Min/AVG (%)**	**Min/Max (%)**
Cálculos lumínicos con el método unificado	**27**	**15**	**23**	**72**	**60**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**24**	**13**	**19**	**68**	**59**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**26**	**14**	**21**	**68**	**55**

Tabla 2.17. Resultados del software Dialux para microestancia 01 15SR221 B parque 17.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
3.8	7.1	9.5	-7.7	-7.1	-9.5	-11.1	-13.3	-17.4

Tabla 2.18. Porcentaje de error entre resultados para microestancia 01 15SR221 B parque 17.

5.2 PARQUE 16

En la siguiente información se dará a conocer los resultados obtenidos mediante el software Dialux para las zonas correspondientes al parque 16.

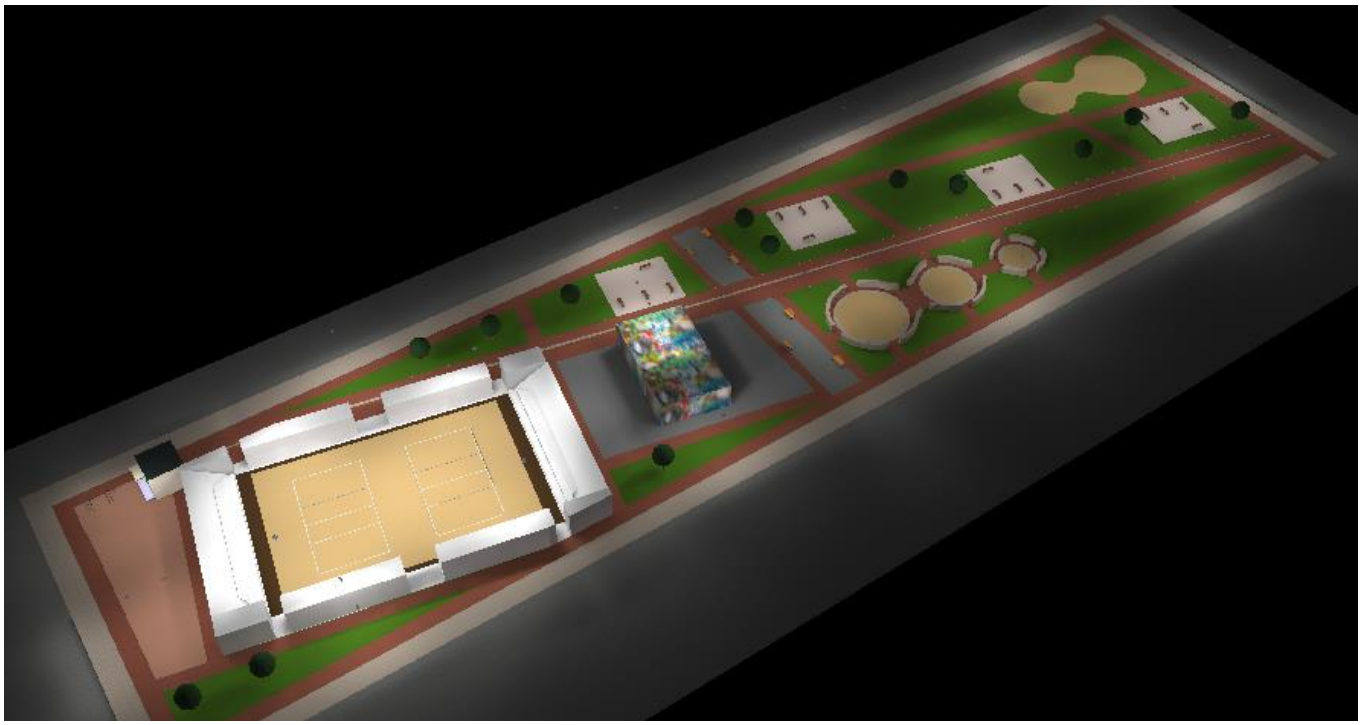


Figura 3.10. Diseño del Parque Metropolitano El Porvenir (parque 16). **FUENTE** propia.

5.2.1 VOLEY PLAYA 15SR221 F

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**110**	**57**	**91**	**63**	**52**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**108**	**53**	**87**	**58**	**47**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**108**	**58**	**90**	**64**	**54**

Tabla 2.19. Resultados del software Dialux para la cancha de voley playa 15SR221 F.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
1.9	-1.7	1.1	0	-8.6	-3.3	-1.8	-7	-4.4

Tabla 2.20. Porcentaje de error entre resultados para la cancha de voley playa 15SR221 F.

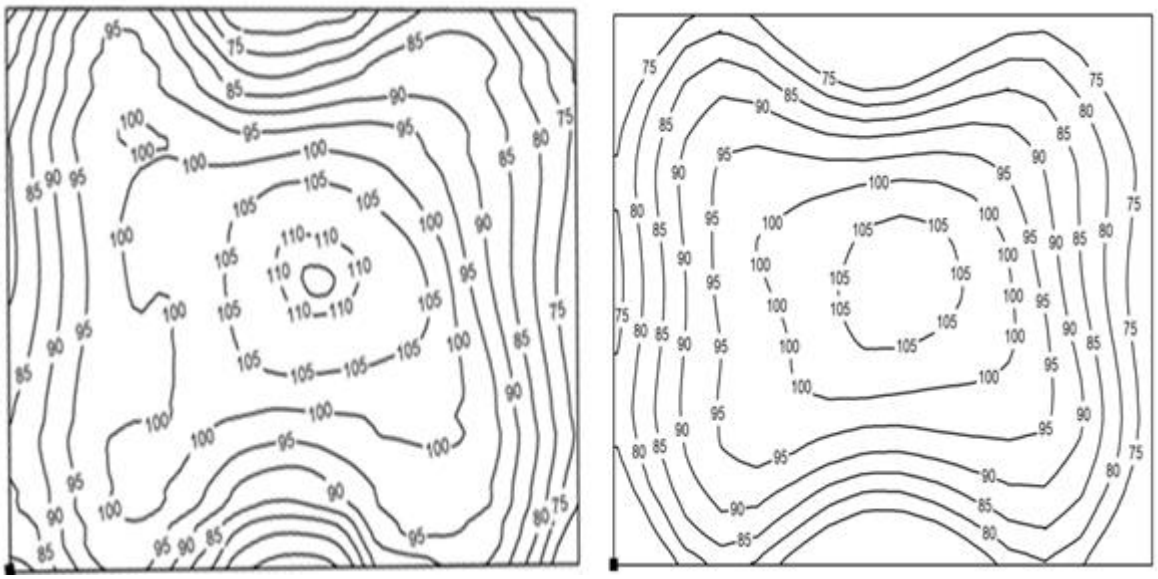


Figura 3.11. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de la cancha de voley playa.

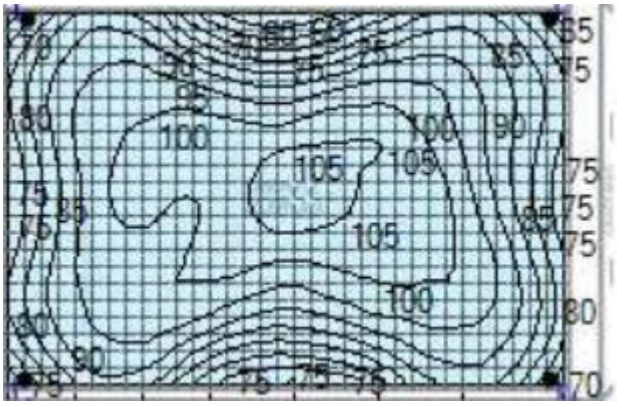


Figura 3.12. Diagrama isolíneas cancha de voley playa software Ulysses, fabricante Schreder.

5.2.2 ZONA DE JUEGOS 01 15SR221 G

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**37**	**8**	**22**	**46**	**26**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**37**	**8**	**21**	**38**	**21**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**39**	**8**	**20**	**39**	**20**

Tabla 2.21. Resultados del software Dialux para la zona de juegos 01 15SR221 G.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-5.1	0	10	-5.1	0	5	0	0	-4.545

Tabla 2.22. Porcentaje de error entre resultados para la zona de juegos 01 15SR221 G.

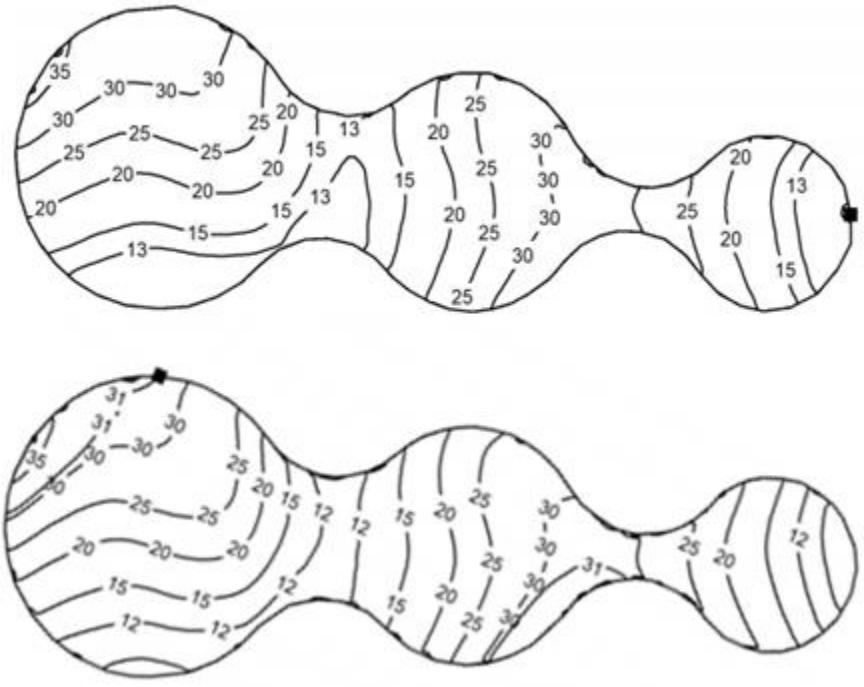


Figura 3.13. Diagrama isolíneas método unificado y método por partes respectivamente de la zona de juegos 01

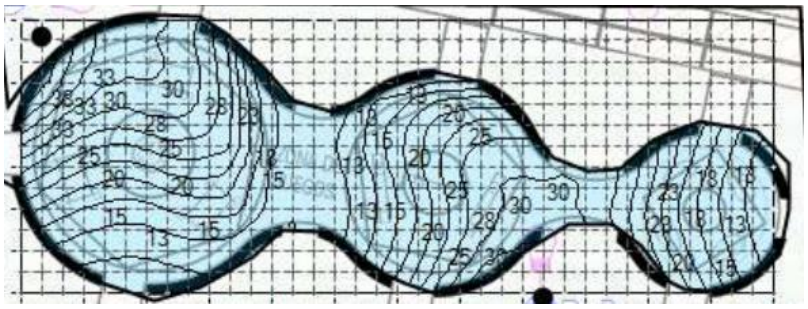


Figura 3.14. Diagrama isolíneas cancha de zona de juegos 01 software Ulysses, fabricante Schreder.

5.2.3 ZONA DE JUEGOS 0215SR221 G

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**34**	**12**	**26**	**48**	**37**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**34**	**11**	**24**	**41**	**29**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**35**	**11**	**25**	**43**	**30**

Tabla 2.23. Resultados del software Dialux para la zona de juegos 02 15SR221 G.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
-2.9	9.1	4.0	-2.9	0	-4.0	0	-8.3	-7.7

Tabla 2.24. Porcentaje de error entre resultados para la zona de juegos 02 15SR221 G.

5.2.4 SENDEROS 15SR221 A PARQUE 16

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**34**	**6**	**16**	**39**	**17**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**31**	**6**	**15**	**42**	**19**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**33**	**6**	**15**	**41**	**19**

Tabla 2.25. Resultados del software Dialux para senderos 01 15SR221 A parque 16.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
3	0	6.7	-6.1	0	0	-8.8	0	-6.3

Tabla 2.26. Porcentaje de error entre resultados para senderos 01 15SR221 A parque 16.

5.2.5 MICROESTANCIA 15SR221 B PARQUE16

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**28**	**13**	**23**	**55**	**46**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**24**	**13**	**19**	**68**	**59**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**26**	**14**	**21**	**68**	**55**

Tabla 2.27. Resultados del software Dialux para microestancia 01 15SR221 B parque 16.

Resultados método unificado/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método por partes/ Resultados fabricante Schreder			Resultados método unificado/ Resultados método por partes		
Max (%)	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**AVG (%)**
7.7	-7.1	9.5	-7.7	-7.1	-9.5	-14.3	0	-17.4

Tabla 2.28. Porcentaje de error entre resultados para microestancia 01 15SR221 B parque 16.

5.3 RESULTADOS CON REFLECTORES

Las siguientes tablas muestran los resultados de algunas zonas del parque cuando están encendidos los reflectores Omnistar de Schreder.

5.3.1 AREA 01 15SR221 X2

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**51**	**11**	**29**	**37**	**21**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**54**	**7**	**24**	**30**	**13**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**50**	**8**	**24**	**35**	**17**

Tabla 2.29. Resultados del software Dialux para área 01 15SR221 X2 con reflectores.

5.3.2 PLAZOLETA 01 15SR221 E

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**55**	**13**	**35**	**37**	**24**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**51**	**9**	**31**	**28**	**17**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**50**	**11**	**31**	**36**	**22**

Tabla 2.30. Resultados del software Dialux para la plazoleta 01 15SR221 E, con reflectores.

5.3.3 SENDEROS 15SR221 A

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**45**	**17**	**28**	**59**	**38**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**31**	**6**	**15**	**42**	**19**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**33**	**6**	**15**	**41**	**19**

Tabla 2.31. Resultados del software Dialux para senderos 02 15SR221 G en general, con reflectores.

5.2.4 MICROESTANCIA 15SR221 B

	Max(lux)	Min(lux)	AVG(lux)	Min/AVG (%)	Min/Max (%)
Cálculos lumínicos con el método unificado	**79**	**27**	**42**	**63**	**34**
Cálculos lumínicos con el método por partes	**20**	**12**	**17**	**68**	**59**
Cálculos lumínicos fabricante Schreder	**26**	**14**	**21**	**68**	**55**

Tabla 2.32. Resultados del software Dialux para microestancias 15SR221 G en general, con reflectores.

6. CONCLUSIONES

1. Para determinar el margen de error que existen entre los resultados obtenidos con los datos existentes suministrados por el fabricante Schreder, se aplica la siguiente fórmula:

$$\frac{Valor\ obtenido\ dialux - Valor\ Schreder}{Valor\ Schreder} X\ 100$$

Tomando como valor base los valores del fabricante Schreder, suponiendo que son resultados correctos pues son estudios hechos por personal profesional y capacitado.
Los datos analizados son máximo, mínimo y promedio de luxes que llegan a la zona una vez las luminarias se encienden.
Finalmente se obtienen resultados que no superan el 10% de margen de error, es un porcentaje de error despreciable que permite afirmar que es igualmente válido realizar un diseño de iluminación o análisis fotométrico por el método por partes o por el método unificado, los datos que se van a obtener van a ser muy similares, esto demuestra a la UAESP que no importa el método que se emplee para realizar estos diseños de iluminación, los resultados seguirán siendo óptimos, precisos y confiables.

2. Al realizar los diferentes cálculos lumínicos, ajustes y aproximaciones para cada una de las zonas del parque, se determinó que parte fundamental en los resultados del proyecto es la exactitud que debe tenerse al momento de ubicar las luminarias en el software Dialux, es indispensable tener todas las especificaciones de las luminarias a detalle, características técnicas, ángulo de la luminaria, ángulo y longitud del brazo que la sostiene y la altura del poste, además de su posición horizontal claramente. Todas son variables que se pueden cambiar en el software Dialux y que como mínimo se deben encontrar en cualquier otra herramienta de simulación de iluminación similar. En ocasiones los cálculos se veían considerablemente afectados si se omitía solo uno de los parámetros de las luminarias anteriormente descritos.

3. Al realizar un análisis fotométrico por partes de un lugar de gran extensión, se deben tener en cuenta los relieves que alteran los resultados. Entiéndase por relieve cualquier superficie del diseño con una altura mayor a cero (andenes, escalones, rampas, plataformas, muros, etc.). Al aumentar de altura un relieve, la distancia entre el punto de luz (luminaria) y el suelo disminuye, causando un cambio en los resultados obtenidos por dialux; estos resultados reflejarían lo que pasa con la fotometría de la zona con mucha más precisión. En un relieve y las zonas que lo limitan se incrementa o disminuye la luminosidad, teniendo en cuenta la altura y posición de la luminaria. El fabricante Schreder al hacer el estudio con el software Ulysses no tuvo en cuenta dichos relieves por lo que este proyecto tampoco los considera necesarios, se hicieron las simulaciones en dialux de las zonas del parque con una altura igual a cero. Así como ocurre con los relieves, ocurre con los objetos que se introducen al diseño, alteran de manera considerable los resultados, por lo que al momento de realizar la simulación los objetos no son tenidos en cuenta. En realidad los resultados que se obtuvieron al no tener en cuenta relieves u objetos no son erróneos, puesto que lo primordial en el estudio es obtener la fotometría de la superficie como tal y que dichos resultados estén en el margen establecido por el RETILAP. Además como en caso de la luz que se suma en un cálculo

completo del lugar porque todas las luminarias están presentes y el resultado es mayor intensidad lumínica. Pues los valores estarían igualmente dentro de los límites. La razón de esto es que los relieves disminuyen la distancia con respecto al punto origen de luz. Por lo tanto, sus valores generalmente aumentan dando resultados aceptables y dentro del rango establecido por el RETILAP y diferentes normas internacionales.

Dependiendo de la forma y altura del relieve y la posición, altura, tipo e inclinación de las luminarias hace que se aumente o disminuya el rango de proyección de luz. No es un cambio significativo a menos que sea un gran relieve y que ocupe un espacio considerable, pero se tiene el control de esta situación teniendo presente las dimensiones del relieve y la distancia que se requiere para la proyección deseada, además de la relación con su entorno que lo rodea por lo que como resultado es necesario tener una imagen estructural completa y clara del proyecto que se quiera realizar.

Al realizar este tipo de método de análisis fotométrico por zonas los resultados llegan a ser más precisos y se pueden observar a mayor detalle en puntos específicos, para la herramienta dialux al realizar un cálculo extenso los resultados no se pueden ver tan a detalle, sino que muestra valores que abarcan espacios poco más grandes a diferencia de un diseño pequeño.

4. Al comparar los dos métodos se recomienda el método del análisis completo del parque por efectos de la diversidad de proyectos y los siguientes hechos aunque no se desacredita el método de análisis por zonas. algunas de las características que se observaron al trabajar el método del parque completo primeramente notable fue la capacidad del programa para manejar espacios grandes en cuanto al trabajo en 3D ya sea en una buena máquina de trabajo, , por el contrario se obtiene un resultado mucho más preciso a la realidad y control total sobre cada parte de él ya que se puede ver la influencia de las demás luminarias y trabajar sobre cualquier parte del plano. En cuanto al método de analizar el parque por zonas el programa se comportó de manera más ligera y rápida, además fue menos trabajo ya que se generalizaron algunas zonas y en los cálculos arrojados se puede analizar con mayor facilidad la influencia de la fotometría de la luminaria sobre el suelo. Sin embargo, no se obtiene información de la influencia de las demás luminarias sobre la zona y es muy limitado ver puntos más específicos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Fabricante Schreder, (2015). Diseños eléctricos Parque Metropolitano El Porvenir.

Ministerio de minas y energía, (2010). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP).

Arias, S. L. (2015). *Iluminación y Alumbrado público.* Bogotá D.C.

Castro, M. P. (2015). *diseño de iluminaciòn con luminarias tipo led basado en el concepto eficiencia energètica y confort visual.* Guayaquil.

Disano Iluminazione. (2019). Obtenido de http://www.disano.it/it/servizi/software-curve-fotometriche/dialux/disano-introduzione-8#sthash.dRdW4soJ.6WxRQr6x.dpbs

Farrás, J. G. *Enciclpoedia de salud y seguridad en el trabajo.*

Karlen, M., & Christina, S. (2012). Lighting desing basics.

Malcolm, I. (2012). Iluminaciòn en interiorismo.

Mario, Q. (s.f.). Diseño de alumbrado pùblico de la calle 26 de Bogotà D.C 2013.

Mesa, M. S. (2009). *Propuesta para la implementación del sistema LED para la iluminación pública en Antioquia.* Envigado.

Tiempo, R. E. (25 de Noviembre de 1995). Prestigio mundial en iluminación. *El Tiempo* .

Urueña, S. P. (2012). *Iluminación tipo LED para el sector industrial.* Bogotá D.C.

Vera, I. M. (2010). *diseño de iluminación de la unidad deportivadel municio de Herrán.* Bogotá.