



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ILUMINACIÓN DE LOS RECORRIDOS PEATONALES, CICLORUTAS Y PLAZOLETAS DE LA VILLA OLÍMPICA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA

Luis Eduardo Barajas Torres
Susana Potes Díaz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Bogotá, Colombia
2023

Iluminación de los Recorridos Peatonales, Ciclorutas y Plazoletas de la Villa Olímpica del Municipio de Arauca

**Luis Eduardo Barajas Torres
Susana Potes Díaz**

Trabajo final de Especialización presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Iluminación Pública y Privada

Director:

Ingeniero Fernando Augusto Herrera

Asesora:

Ingeniera Angélica María Vargas

Línea de Investigación:

Iluminación

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bogotá, Colombia

2023

Dedicatoria

A nuestros padres, por acompañarnos en cada paso que damos en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

A nuestros hermanos, por todo su apoyo incondicional, esperando les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

A mi compañero de tesis, quien me hacía reaccionar cuando pensaba que no podía continuar, y ayudarme con mucho esfuerzo y dedicación a culminar de manera exitosa este proyecto.

A todos los apasionados por la iluminación, para que juntos aprendamos que todo esfuerzo tiene su recompensa; y que el aprendizaje de esta línea aún es amplio y faltan muchas cosas por explorar.

Declaración de obra original

Nosotros declaramos lo siguiente:

Hemos leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa nuestro trabajo original, excepto donde hemos reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, hemos realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

Hemos obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre: Susana Potes Díaz



Nombre: Luis Eduardo Barajas Torres

Fecha: 29/06/2023

Firma de aval del Director

El trabajo final de especialización recibe la calificación de aprobado y el texto contiene la memoria de diseño necesaria para la consulta bibliográfica.

Nombre Director: Ingeniero Fernando Augusto Herrera León



Firma

Fecha: julio 7 del 2023

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias que siempre nos han brindado su apoyo para poder cumplir todos nuestros objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño nos impulsaron siempre a cumplir nuestras metas y a nunca abandonarlas.

También le agradecemos al Ingeniero Fernando Herrera por su dedicación y paciencia, porque sin sus palabras y correcciones no hubiésemos podido lograr llegar hasta aquí; muchísimas gracias por su guía y todos sus consejos

Gracias a todos los profesores y compañeros de curso que nos guiaron y acompañaron a lo largo de esta especialización; gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas, y por los conocimientos aprendidos que nos permitieron llegar hasta aquí.

Por último, queremos agradecer a la Universidad Nacional de Colombia que nos ha exigido tanto, pero al mismo tiempo nos permitieron obtener este título.

Resumen

Iluminación de los Recorridos Peatonales, Ciclorrutas y Plazoletas De La Villa Olímpica Del Municipio De Arauca

La Villa Olímpica del municipio de Arauca, en la actualidad cuenta con un problema de iluminación pública, ocasionando sensación de inseguridad en los peatones que lo transitan; por este motivo se realiza un diseño de iluminación para las zonas peatonales, cicloruta y plazoleta de la Villa; proponiendo una escena de una iluminación funcional, iluminación funcional atenuable e iluminación arquitectónica, teniendo en cuenta la ocupación proyectada del sector y bajo el cumplimiento del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP; buscando de esta manera un ahorro en el consumo de energía y generando un espacio atractivo para los visitantes y la comunidad en general del municipio de Arauca.

Palabras clave: Dimerización, Led, Diseño, Luminaria, Consumo de Energía

Abstract

Lighting of the Pedestrian Routes, Cycle Routes and Small Squares of the Olympic Village of the Municipality of Arauca

The Olympic Village in the municipality of Arauca, currently has a public lighting problem, causing a great feeling of insecurity, for this reason it was decided to design public lighting in the pedestrian areas, cycle path and small square, with a functional lighting using an attenuation of the same, according to the projected occupation of the sector under compliance with the Technical Regulation of Lighting and Public Lighting - RETILAP, seeking in this way a saving in energy consumption, additionally an architectural design was carried out with a touch cultural, in order to give it an attractive space for visitors and the community in general of the municipality of Arauca.

Keywords: Dimming, Led, Design, Luminaire, Energy Consumption

Contenido

1. Descripción de las áreas de diseño, necesidades visuales y criterios normativos	13
2. Propuesta conceptual de diseño.....	17
○ Iluminación Funcional	19
○ Iluminación Arquitectónica	20
▪ Plazoletas Conectoras	20
▪ Exposiciones de Arte	21
▪ Arborización.....	22
▪ Monumento.....	23
▪ Fuentes de Agua	25
3. Modelamiento y simulaciones del diseño propuesto	27
○ Iluminación Funcional	27
○ Iluminación Arquitectónica	28
▪ Plazoletas Conectoras	28
▪ Exposiciones de Arte	29
▪ Exposiciones de la Arborización Típica.....	30
▪ Escenario Principal	31
▪ Monumento y Fuente de Agua.....	32
○ Tipo de Luminarias Propuestas	33
○ Plan de Mantenimiento	35
▪ Niveles de Iluminación	35
▪ Correcto Funcionamiento.....	35
▪ Eficiencia Energética	35
▪ Precauciones.....	36
4. Resultados de diseño, conformidad con requisitos y criterios	37
○ Iluminación Funcional	37
○ Iluminación Funcional Atenuable	38
○ Iluminación Arquitectónica	39
5. Cantidades de obra, presupuesto y análisis financiero	40
○ Alternativa 1.....	40
○ Alternativa 2.....	41
○ Alternativa 3.....	42
6. Conclusiones y recomendaciones.....	45
a. Conclusiones	45
b. Recomendaciones	46
Bibliografía	XLVIII

Lista de figuras

Figura 1. Plano de la Villa Olímpica de Arauca	13
Figura 2. Encuesta de Usos de la Villa Olímpica.....	14
Figura 3. Villa Olímpica de Arauca.....	18
Figura 4. Iluminación Zonas Deportivas Arauca	19
Figura 5. Caso de Éxito: Parque de la 93, Bogotá - Colombia.....	19
Figura 6. Caso de Éxito: Plaza Urbana Central, Catharinaplein – Países Bajos.....	20
Figura 7. Correcta Iluminación de Pasos Conectores en parques.....	21
Figura 8. Caso de Éxito: Plazoleta Centenario, Armenia - Colombia.....	22
Figura 9. Árboles representativos de Arauca: Tamarindo, Oiti, Samán y Palmera de Coco	23
Figura 10. Caso de Éxito: Curtis Hixon Waterfront Park and Riverwalk, Tampa, Florida - USA	23
Figura 11. Monumento al Hombre Llanero	24
Figura 12. Caso de Éxito: Monumento a Cristo Rey, Cali - Colombia.....	24
Figura 13. Caso de Éxito: Curtis Hixon Waterfront Park and Riverwalk, Tampa, Florida - USA	25
Figura 14. Iluminación de bancas en las plazoletas conectoras	27
Figura 15. Plazoletas Conectoras de la Villa Olímpica	28
Figura 16. Iluminación de bancas en las plazoletas conectoras	29
Figura 17. Instalación de luminarias en las bancas de la Villa Olímpica.....	29
Figura 18. Exposiciones de Arte en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica.....	29
Figura 19. Zona de Exposición de Arte de la Villa Olímpica	30
Figura 20. Instalación de luminarias en los Posters de la Villa Olímpica	30
Figura 21. Exposiciones de la Arborización Típica en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica.....	31
Figura 22. Instalación de luminarias en los árboles de la Villa Olímpica.....	31
Figura 23. Escenario Principal en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica.....	32
Figura 24. Instalación de luminarias en el Escenario Principal de la Villa Olímpica.....	32
Figura 25. Monumento y Fuente en Agua de la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica .	33
Figura 26. Instalación de luminarias en el Monumento y Fuente de Agua de la Villa Olímpica	33
Figura 27. Escenario Principal en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica.....	37
Figura 28. Resultados Obtenidos para la Iluminación Funcional de la Villa Olímpica	38
Figura 29. Resultados Obtenidos para la Iluminación Funcional Atenuada de la Villa Olímpica.....	39
Figura 30. Resultados Obtenidos para la Iluminación Arquitectónica de la Villa Olímpica	39

Lista de tablas

Tabla 1. RETILAP. Tabla 510.1.2. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.....	14
Tabla 2. RETILAP. 510.2.2 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal	15
Tabla 3. RETILAP. Tabla 610.2 Categorización de los proyectos de Alumbrado Público.	15
Tabla 4. Luminarias Propuestas	33
Tabla 5. Evaluación Financiera de la Alternativa 1	40
Tabla 6. Consumo Energético de la Alternativa 1	41
Tabla 7. Evaluación Financiera de la Alternativa 2	41
Tabla 8. Consumo Energético de la Alternativa 2.....	42
Tabla 9. Evaluación Financiera de la Alternativa 3	43
Tabla 10. Comparación del Análisis de costo del proyecto.....	43

Introducción

La Villa Olímpica de Arauca es el lugar de concentración que tienen sus habitantes para la ejecución de diferentes actividades deportivas, fiestas patronales y eventos culturales característicos del municipio; es por esto que el director de Coldeportes de Arauca, José Gregorio Reyes Cadena, junto al Gobernador de Arauca, el Alcalde y la secretaria de infraestructura departamental, realizaron una visita a la Villa Olímpica (el coliseo cubierto y estadio municipal) con el fin de recuperar los escenarios deportivos para los Juegos Supérate 2019 (Cinaruco, 2017), este es el compromiso del programa de gobierno *Humanizando El Desarrollo* y del Instituto Departamental del Deporte y la Recreación con su eslogan “Arauca deportiva, sana y competitiva” (Gobernación de Arauca, 2017).

Actualmente, las vías de paso peatonal de la Villa Olímpica se encuentran en total oscuridad, lo que genera una sensación de inseguridad en los habitantes que transitan por este sector, y evitando que se celebren las diferentes festividades, eventos culturales y deportivos con los que el municipio pretende aumentar la participación y sentido de pertenencia de la población Araucana.

Cabe resaltar que aproximadamente, el 66 % de los habitantes de la ciudad de Arauca se sienten excluidos y olvidados del gobierno local; actualmente son escasas las obras que se desarrollan para mejorar el bienestar de la comunidad; pero una de las formas de hacer inclusiva la participación de la población, es generar procesos que logren la integración de toda la comunidad, de tal manera que todos sus habitantes se sientan pertenecientes al desarrollo de la ciudad (Asdrubal Bareño, 2013).

Es por esto que, el principal objetivo de este proyecto será diseñar un sistema de iluminación, energéticamente eficiente, para los recorridos peatonales, ciclorutas y plazoletas de la Villa Olímpica que conducen al acceso de los escenarios deportivos correspondientes; diseñando espacios atractivos por medio de la aplicación de diferentes conceptos del uso de la luz y el color.

1. Descripción de las áreas de diseño, necesidades visuales y criterios normativos

En el plan de crecimiento del municipio se tiene proyectado realizar actividades culturales y deportivas en los escenarios de la Villa Olímpica; esto no es posible debido a la falta de iluminación en los recorridos peatonales que conectan la entrada de la Villa con los diferentes escenarios deportivos y culturales existentes.

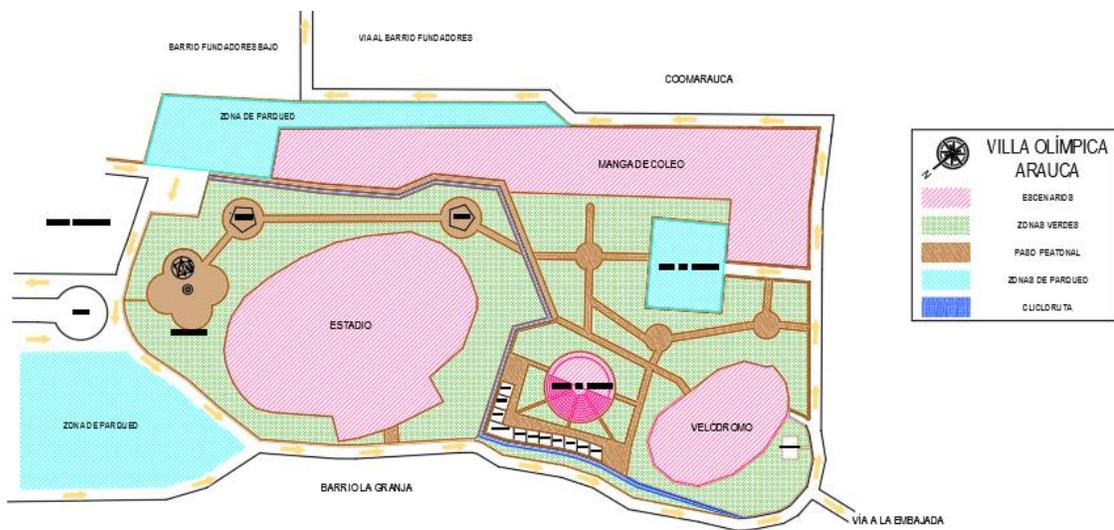


Figura 1. Plano de la Villa Olímpica de Arauca

Como se observa en la Figura 1, dentro de los principales espacios que se tienen para resaltar en este proyecto se tienen: las plazas centrales de actividades (rojo) y las zonas peatonales como son: pasos peatonales y plazoleta de la Villa Olímpica (café), y ciclorutas (azul); es por esto que, dentro de las áreas proyectadas para cumplir con la finalidad de este proyecto, se define que la cantidad de metros lineales a diseñar serán:

- Cicloruta con aproximadamente 628 metros lineales.
- Recorridos peatonales con aproximadamente 1.285 metros lineales.
- Plazoleta de Eventos con aproximadamente 4.700 metros cuadrados.

Ahora bien, para la selección de los criterios de iluminación que se deberán cumplir en este proyecto, se toma como referencia el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2009); y según lo indicado en la Tabla 1, este proyecto se describe como una vía elevada de prestigio urbano, perteneciendo a una clase de iluminación P1:

Tabla 1. RETILAP. Tabla 510.1.2. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas.

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. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Cabe mencionar que unos de los objetivos de este proyecto es incentivar el ahorro energético de la instalación, utilizando luminarias de tecnología LED atenuables, que se logren dimerizar en función a la cantidad de personas que utilicen estas vías peatonales, ciclorutas y plazoletas en determinadas horas; es por esto que, que se realizó una encuesta a la comunidad en general del municipio de Arauca, donde respondieron lo siguiente (Figura 2):



Figura 2. Encuesta de Usos de la Villa Olímpica

Teniendo en cuenta lo anterior y en cumplimiento a los niveles de iluminación observados en la Tabla 2 se define que el nivel de iluminación a cumplir en la franja horaria de 6:00pm a 10:00pm será un valor promedio de 20lx y un valor mínimo de 7.5lx (P1), para la franja horaria de 10:00pm a 6:00am será un valor promedio de 10lx y un valor mínimo de 3lx (P2).

Tabla 2. RETILAP. 510.2.2 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal

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

Este proyecto se considera como una *zona especial*, es decir, una zona de valor histórico y cultural para el municipio; y que además cuenta con más de 50 puntos de iluminación, por lo que, siguiendo las recomendaciones de la Tabla 3 el proyecto se categoriza de alto impacto (Nivel C).

Tabla 3. RETILAP. Tabla 610.2 Categorización de los proyectos de Alumbrado Público.

PROYECTOS NUEVOS O REMODELACIÓN		Nivel A	Nivel B	Nivel C
		Bajo Impacto	Medio Impacto	Alto Impactos
SISTEMA VIAL	Clase de iluminación de la vía o Tipo de área	$P \leq 25$ ó $L = 0$	$25 < P \leq 75$ ó $L \leq 1.000$	$P > 75$ ó $L > 1.000$
	M1 – M2			
	M3 – M4	$P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 100$ ó $1.000 < L \leq 2.000$	$P > 100$ ó $L > 2.000$
	M5	$10 < P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 100$ ó $1.000 < L \leq 2.000$	$P > 100$ ó $L > 2.000$
OTRAS ÁREAS	Alamedas, ciclo rutas, parques, paseos, plazas, plazoletas, vías peatonales, puentes y túneles peatonales.	$10 < P \leq 25$ ó $L \leq 1.000$	$25 < P \leq 50$ ó $1.000 < L \leq 2.000$	$P > 50$ ó $L > 2.000$
ESPECIALES [2']	Zonas históricas de conservación, y otros que por sus características revista de un especial interés para el municipio.	$P \leq 25$	$25 < P \leq 50$	$P > 50$

Finalmente, el impacto visual que se desea lograr para las áreas de concurrencia principales deberá lo suficientemente alto como para lograr que la identidad cultural de la población aumente, resaltando su historia y además generando un gran atractivo turístico y crecimiento económico que gire en torno a las diferentes actividades que se puedan desarrollar en dichos escenarios.

2. Propuesta conceptual de diseño

Anteriormente el objetivo de la iluminación urbana consistía solamente en mejorar la seguridad y visibilidad del peatón; hoy en día, se incentiva el uso de estrategias de control para poder generar espacios dinámicos que generen sentido de pertenencia del territorio. Dentro del plan de crecimiento de las ciudades y municipios se generan estrategias de iluminación para zonas de alto interés como son: espacios públicos, monumentos, iglesias, fuentes, muros, plazas y plazoletas, entre otros; estos planes se han convertido en herramientas de gestión urbanística del crecimiento de estas, resaltando que este tipo de patrimonio son una alta fuente de inversiones económicas que promueven el comercio y el turismo de la población.

Es por esto que cualquier tipo de iluminación tiene que ser planificada; siendo esta: iluminación continua (iluminación de la ciudad), iluminación periódica (ciertas temporadas y/o días del año), o iluminación efímera (para un evento puntual). En todo caso, la iluminación periódica es la que permite generar mayores inversiones ya que, cuando más largo es el evento, más se reduce el coste por día, y se generan más visitas de turistas al sector, reforzando el impacto positivo sobre la imagen y el posicionamiento turístico del destino (Cousseau, 2015).

Para el diseño de parques, plazas y recorridos peatonales es necesario seleccionar aquellos espacios que, por la funcionalidad de su uso, resulten ser puntos de encuentro importantes para la comunidad; en estos espacios se deben resaltar los detalles arquitectónicos de interés como monumentos, fuentes, escenarios, mobiliario y hasta la vegetación que lo compone, por medio del uso de la luz y el color.

Para la iluminación de este tipo de espacios es importante definir la finalidad que se le va dar a cada área, en este proyecto se identifican y caracterizan las zonas de tránsito peatonal, uso exclusivo de bicicletas y puntos de encuentro de interés; proponiendo un sistema de iluminación confortable y seguro para el usuario final, logrando:

- Priorizar la comodidad visual, facilitando el desplazamiento de las personas sobre todas las áreas.

- Reducir los accidentes provocados por tropiezos con desniveles o escalones, ayudando al desarrollo de las actividades nocturnas previstas.
- Evitar la contaminación lumínica provocando el mínimo impacto ambiental posible, reduciendo también los efectos que la iluminación pueda tener sobre la vegetación.
- Resaltando los puntos de interés de la Villa Olímpica, incentivando la eficiencia y ahorro energético de la instalación.

Con la aplicación adecuada de la luz y el color, los espacios peatonales, ciclorutas y plazoletas se convierten en lugares populares de encuentro, tanto para residentes como para turistas; es por esto que las soluciones de iluminación sostenibles y ecológicas son fundamentales para garantizar un funcionamiento eficiente y duradero en estos espacios (ERCO, 2018).



Figura 3. Villa Olímpica de Arauca

Es por esto que la iluminación nocturna puede dar a la Villa Olímpica (Figura 3) su propia identidad, teniendo en cuenta que no todas las zonas tienen el mismo valor estético ni se utilizan para la misma actividad: por lo que es importante dar más valor a aquellos elementos que se deseen resaltar, como es el caso de la plazoleta de eventos principal (Mayja SL Alumbrado, 2020).

○ Iluminación Funcional

La percepción de inseguridad ciudadana se relaciona con la iluminación deficiente que tiene determinado sector (Wilches Castillo, 2022). Es por esto que, como se observa en la Figura 4, y siguiendo el plan de desarrollo de la Alcaldía de Arauca, la Secretaría de Gobierno Municipal y la empresa Arauca Iluminada (responsable del alumbrado público), se crean escenarios de iluminación que logren mejorar la iluminación en la ciudad mejorando sus entornos y evitando la presencia de personas extrañas garantizando así la sensación de seguridad (Alcaldía de Arauca, 2022).



Figura 4. Iluminación Zonas Deportivas Arauca

Además, los caminos unen lugares, es por esto que el objetivo será crear espacios de iluminación que generen seguridad y faciliten la orientación del peatón; para estos espacios no solo se debe garantizar el cumplimiento de requisitos normativos, sino, lograr un aspecto de diseño relevante que los convierta en una guía de a dónde deben dirigirse sus usuarios para el desarrollo de las actividades previstas (ERCO, 2018).



Figura 5. Caso de Éxito: Parque de la 93, Bogotá - Colombia

Como se observa en el caso de éxito de Philips (Figura 5); en el diseño de iluminación del Parque de la 93, en Bogotá - Colombia, se instalan luminarias de tecnología LED de alta eficiencia y reproducción de color, que brinda a los usuarios que visitan el parque una experiencia amigable, elegante y segura (Philips, 2023).

○ Iluminación Arquitectónica

La iluminación urbana ha cambiado su modelo tradicional, reconstruyendo los espacios tradicionales en torno al comercio, el turismo y la movilidad; es por esto que el paisaje nocturno modifica y plasma la geografía de la ciudad (Pedomo Cruz & Muros Alcojor, 2023). Actualmente, la versatilidad y funcionalidad de los espacios generan un punto de valor sobre el desarrollo urbanístico, así, el uso de las correctas escenas de iluminación nocturna creará el sello de identidad y lenguaje propio del municipio.



Figura 6. Caso de Éxito: Plaza Urbana Central, Catharinaplein – Países Bajos

Tal como se muestra en el diseño de iluminación de la Plaza Urbana Central de Catharinaplein, en Eindhoven - Países Bajos (Figura 6); se genera un espacio disponible para crear una cicloruta y además añadir árboles y bancos, fomentando así el comercio de los locales aledaños a la plaza y además creando puntos de encuentros para los turistas y locales (Philips, 2023).

El objetivo principal será convertir los espacios peatonales y Plazoletas de la Villa Olímpica en una experiencia nocturna, que ofrezca una experiencia inolvidable a sus visitantes; resaltando que cada espacio es diferente y merece un esquema y estrategia de control único.

▪ Plazoletas Conectoras

La iluminación de parques públicos y de plazas es importante para las ciudades, ya que son estos espacios los que permiten a las personas disfrutar de un espacio amplio en

donde reunirse con el fin de socializar y también disfrutar del tiempo libre; estos son espacios utilizados de día y de noche, como se observa en la Figura 7, la correcta utilización de potencia y altura de instalación de las luminarias mejoran la estética de estos lugares emblemáticos (SECOM, 2021).



Figura 7. Iluminación de Pasos Conectores en parques

▪ **Exposiciones de Arte**

Según (Enel , 2023), *la iluminación artística mejora la percepción del patrimonio histórico, artístico y paisajístico de la ciudad*; esto significa que un buen diseño de iluminación debe ser capaz de resaltar el patrimonio cultural y además incentivar a los usuarios al cuidado y aprendizaje de la historia del municipio. Es importante entender que la iluminación artística no solo se refiere al diseño de iluminación de los edificios que son considerados patrimonio histórico de la ciudad, o de los monumentos existentes; para este proyecto, la iluminación artística cumple el realce de la zona de exposiciones de arte que se puedan llevar a cabo en la Villa Olímpica.



Figura 8. Caso de Éxito: Plazoleta Centenario, Armenia - Colombia

Como caso de éxito se tiene la Plazoleta Centenario (Figura 8), ubicada en uno de los costados de la Plaza Bolívar de Armenia, este es un espacio diseñado para la exhibición al aire libre del arte representativo del municipio; el diseño de iluminación para este caso deberá ser lo suficientemente llamativo como para atraer la atención de los peatones para disfrutar de las vitrinas exhibidas (El Quindiano, 2017).

▪ Arborización

Los árboles son elementos importantes del paisaje de la ciudad, estos hacen parte del mobiliario de la Villa Olímpica, y además relatan la historia del crecimiento y cultura de sus habitantes. Los árboles iluminados forman ejes visuales en la oscuridad y transmiten seguridad (ERCO, 2018); en Arauca, entre los principales árboles que representan su historia están (GUIANZA TURISTICA, 2023):

- *Árbol de Tamarindo*: puede llegar a medir hasta 20 m de altura, y debido a la densidad y durabilidad, la madera del tamarindo puede ser utilizada para fabricar muebles, también se utiliza para dar sombra en los parques y carreteras araucanas.
- *Oití*: puede alcanzar hasta los diez metros de altura, y por ser de gran tamaño sus ramas sofocan un poco el calor araucano que normalmente es de 32°C a 36°C.
- *Samán*: con una altura de hasta 20m, es un árbol grande y ancho que es utilizado como forrajera por su forma de un paraguas extenso.
- *Palmera de Coco*: crece unos 30 metros o más y por la producción de coco ayuda a los araucanos a calmar la sed producida por el agobiante calor; ayuda

principalmente al sector comercial y gastronómico ya que su consumo es muy popular a lo largo de todo el municipio.



Figura 9. Árboles representativos de Arauca: Tamarindo, Oiti, Samán y Palmera de COCO

Para la iluminación de jardines en zonas exteriores, lo más adecuado es usar luces de acento; estas son las encargadas de realzar el color del follaje correspondiente a cada especie arbórea y además generar en el peatón una experiencia apacible e innovadora.



Figura 10. Caso de Éxito: Curtis Hixon Waterfront Park and Riverwalk, Tampa, Florida - USA

Para el Parque público Curtis Hixon Waterfront Park (Figura 10), la iluminación de palmeras de más de 9m de altura rejuvenece el parque y además crea un espacio más atractivo y acogedor para el usuario, de esta forma se aumenta el tráfico peatonal y promueve el turismo y el comercio de la zona (Color Kinetics, 2023).

▪ Monumento

Los monumentos son los elementos que componen la identidad cultural e histórica de cualquier ciudad; para Arauca, el *monumento al hombre llanero* (Figura 11) es la estatua de un caballo cerrero montado por un llanero a pelo, que rinde un homenaje a los llaneros

del sector, simbolizando un pueblo fuerte que no se influye por otras culturas (Arauca Majestuosa, 2023).



Figura 11. Monumento al Hombre Llanero

La iluminación de monumentos deberá ser una experiencia nocturna para el usuario, teniendo en cuenta que cada obra de arte es única y tiene un significado diferente, se deben proponer enfoques lumínicos precisos y dirigidos capaces de realzar los detalles más característicos de dicha obra de arte.



Figura 12. Caso de Éxito: Monumento a Cristo Rey, Cali - Colombia

El proyecto de iluminación LED que emprende la Planeación Municipal de Cali (Figura 12) es una iniciativa por la cual se pretende que los Caleños conozcan y se apropien de su ciudad, es por esto que la iluminación propuesta genera una mayor visibilidad de los espacios emblemáticos existentes, para el caso del monumento a Cristo Rey, la iluminación produce calidez y además incluye un aplicativo con código QR para que, desde los celulares, en cada sitio la gente pueda acceder a la historia del monumento (Alcaldía de Cali, 2015).

▪ Fuentes de Agua

Las fuentes de agua se consideran como un punto de valor en el desarrollo urbano de la ciudad; cuando estas fuentes están combinadas con un momento importante del municipio, logra atraer a turistas y locales en torno a un espacio que resalte un punto importante en los parques y/o plazoletas.



Figura 13. Caso de Éxito: Curtis Hixon Waterfront Park and Riverwalk, Tampa, Florida - USA

Las fuentes de agua con iluminación se han convertido en un punto de atractivo turístico; para el Parque público Curtis Hixon Waterfront Park (Figura 13), el valor estético que aporta la fuente en el espacio permite apreciar sorprendentes efectos visuales del agua en movimiento, creando un escenario basados en la luz y el color donde los niños y demás asistentes pueden disfrutar de un momento de esparcimiento único y sorprendente (Color Kinetics, 2023).

Finalmente, y no menos importante, la contaminación lumínica es un parámetro decisivo a la hora de realizar cualquier diseño de iluminación funcional o arquitectónica; es necesario tener en cuenta que la iluminación artificial propuesta en la actualidad carece de fundamentos biológicos y científicos evaluables. Para tener en cuenta, el nivel de iluminación que se genera por la luz de la luna llena es 0.5lx, y el nivel de iluminación mínimo en Colombia para la circulación peatonal es de 1.5lx; lo que concluye que la relación entre seguridad e iluminación es inexistente, es únicamente parte del instinto como seres diurnos (National Geographic, 2022).

La percepción que se tiene sobre la iluminación nocturna no es más que la adaptación del ser humano a constantes niveles de sobreestimulación por los excesos de luz generados

por la luz azul, lo que afecta a gran escala el ciclo circadiano de las personas, la flora y la fauna; es por esto que la principal recomendación que se hace para todo tipo de iluminación nocturna es evitar ubicar las luminarias a la altura de la copa de los árboles, reducir el ángulo de proyección de las mismas, direccionándolas únicamente el campo visual de usuario, y volver nuevamente a las fuentes de luz en colores cálidos.

3. Modelamiento y simulaciones del diseño propuesto

Para este proyecto, se realiza una simulación en el software libre DiaLux 11.0 en donde se muestra cómo quedaría la implementación del diseño de iluminación propuesto para la Villa Olímpica; siempre respetando y cumpliendo la normativa actual vigente RETILAP para la iluminación funcional, y las recomendaciones sugeridas por fabricantes y expertos para la iluminación arquitectónica.

○ Iluminación Funcional

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de la iluminación funcional es reducir la sensación de inseguridad que los usuarios perciben al utilizar los pasos peatonales y la cicloruta en las horas de la noche.

Para este proyecto se utilizan luminarias de Alumbrado Público IP65, instaladas a 6m de altura, en todo el recorrido peatonal y cicloruta de la Villa Olímpica: se utiliza una curva fotométrica que permite abarcar la mayor cantidad de espacio posible (lateral y frontal) implementando la menor cantidad de puntos posibles (Figura 14).

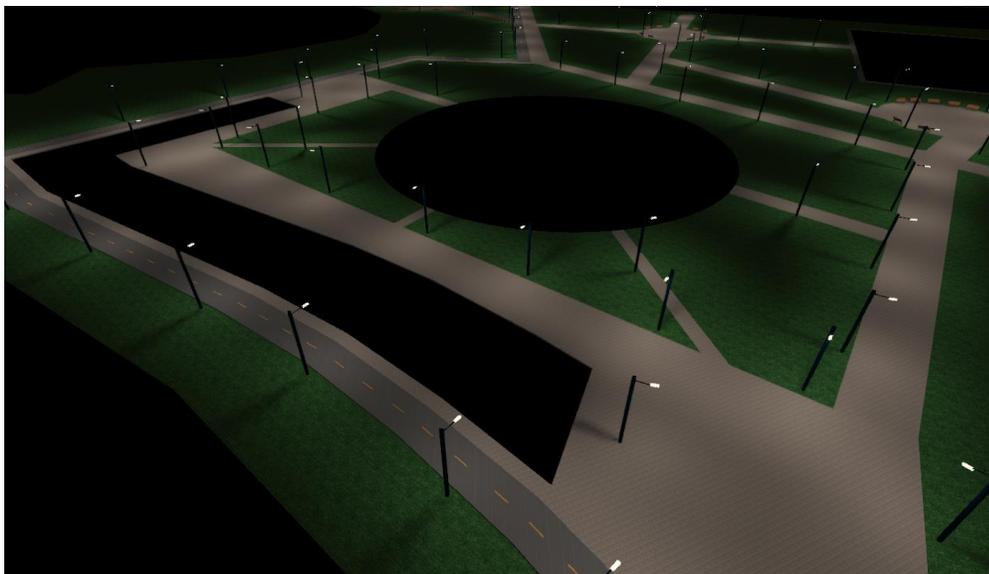


Figura 14. Iluminación de bancas en las plazoletas conectoras

○ Iluminación Arquitectónica

El mobiliario urbano son todos aquellos elementos que complementan el espacio público en una ciudad, además, es de gran importancia porque permite crear lugares de encuentro que promueven la permanencia de los usuarios en determinado lugar (AdamCorp, 2020).

Para la Villa Olímpica, se entiende por *mobiliario urbano* todos los elementos fijos o semifijos, que se encuentran en su interior, como son: las bancas de las plazoletas conectoras, el monumento, la fuente de agua, los árboles, el escenario principal y los posters de la zona de exposición de la Plazoleta Principal; es por esto que, el objetivo de la iluminación arquitectónica de la Villa, es resaltar las zonas en donde este mobiliario genere un punto de valor visual y funcional para los transeúntes, y además logren promover el desarrollo del comercio y la cultura del municipio.

A continuación, se explica de forma detallada la propuesta del diseño de iluminación que se propone para cada espacio, así como los tipos de luminarias implementada para cada área.

▪ Plazoletas Conectoras

Las plazoletas conectoras (Figura 15) se encuentran al lado derecho de la Villa Olímpica; su función es brindar un espacio de descanso y encuentro para los peatones dentro de su desplazamiento en la Villa.



Figura 15. Plazoletas Conectoras de la Villa Olímpica

Como estas plazoletas se ubican dentro del recorrido que los peatones deben seguir para llegar a los diferentes escenarios deportivos; se propone el uso de bancas perimetrales (Figura 16):

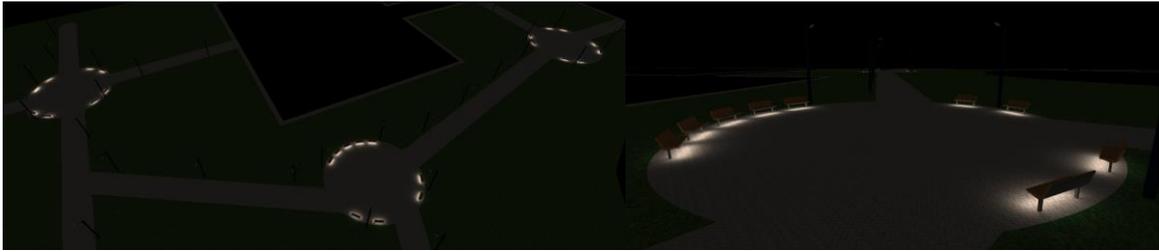


Figura 16. Iluminación de bancas en las plazoletas conectoras

Para realzar este mobiliario, se instala una cinta led por debajo de las bancas; de esta forma se percibe la luz de manera indirecta garantizando el máximo confort visual para los peatones y además evitando la contaminación lumínica en esta zona (Figura 17):

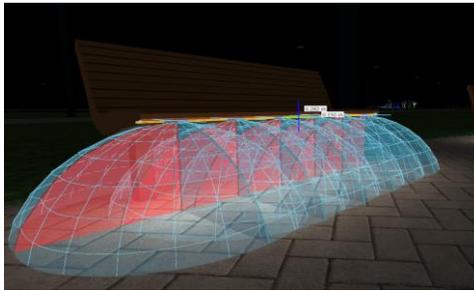


Figura 17. Instalación de luminarias en las bancas de la Villa Olímpica

▪ Exposiciones de Arte

La Plazoleta de Eventos de la Villa Olímpica (Figura 18) es una de las áreas principales de esta, ya que está frente a la glorieta vehicular principal del municipio; dentro de esta Plazoleta se encuentra la zona de las exposiciones culturales.

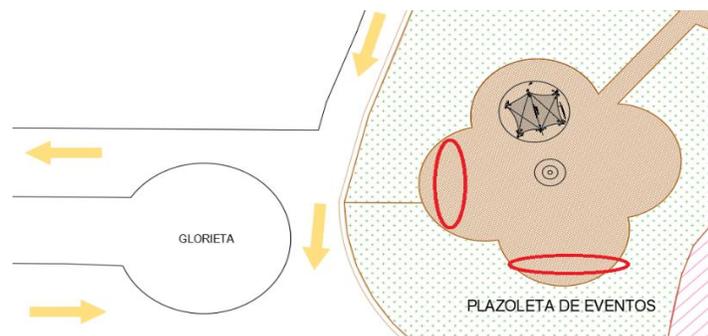


Figura 18. Exposiciones de Arte en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica

Este espacio (Figura 19) consiste en varios posters perimetrales al espacio, distribuidos por 2 grupos de exposición:

- La *exposición de arte fija* se compone por posters en donde siempre se muestra la identidad cultural del municipio, es decir, afiches con imágenes e información correspondientes al legado cultural del mismo.
- La *exposición de arte móvil* se compone por imágenes e información de diferentes artistas (esto puede variar según el evento cultural propuesto por el municipio), cuyo objetivo será promover el arte y la cultura en los habitantes y turistas que visiten esta zona de la Villa.

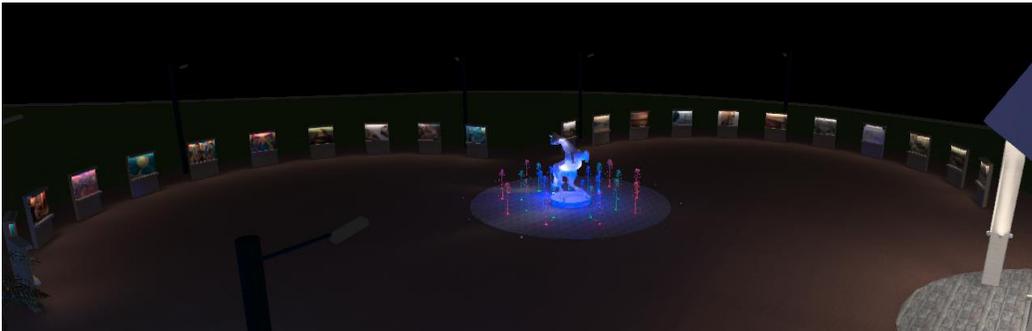


Figura 19. Zona de Exposición de Arte de la Villa Olímpica

La dimensión de cada Poster es de 1.30m de ancho por 2.00m de alto, en esta estructura la zona útil de lectura es de 1,20m x 1,50m, con un ala en donde se instala una cinta led que genera una iluminación indirecta para la lectura de las exposiciones de cada poster (Figura 20):

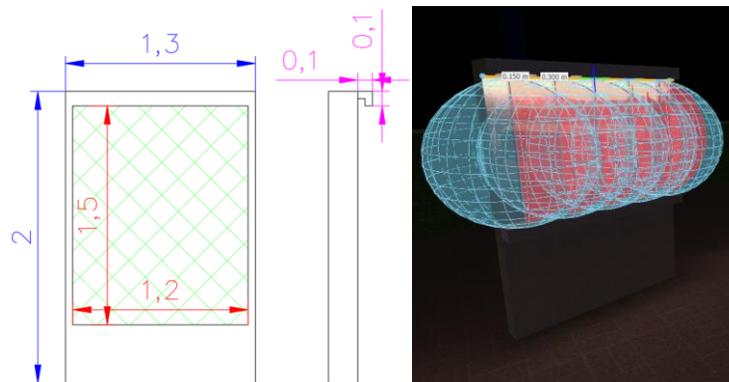


Figura 20. Instalación de luminarias en los Posters de la Villa Olímpica

▪ Exposiciones de la Arborización Típica

Teniendo en cuenta que el municipio de Arauca es rico por su variedad en flora y fauna, para este diseño se tienen en cuenta los 4 árboles más característicos de la zona, que son:

Tamarindo, Oiti, Samán y Palmera de Coco; esta exposición de árboles se encuentra en la derecha de la Plazoleta Principal de la Villa (Figura 21):



Figura 21. Exposiciones de la Arborización Típica en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica

Para la iluminación de estos árboles se propone el uso de proyectores RGB ubicados en la base de cada árbol, y cuya combinación de colores permita realzar el color del follaje de cada árbol presente (Figura 22); cabe resaltar que las luminarias se ubican con un ángulo de inclinación que permita la iluminación solamente del árbol, evitando así el desperdicio de luz sobre el cielo nocturno y reduciendo el deslumbramiento sobre el espectador.

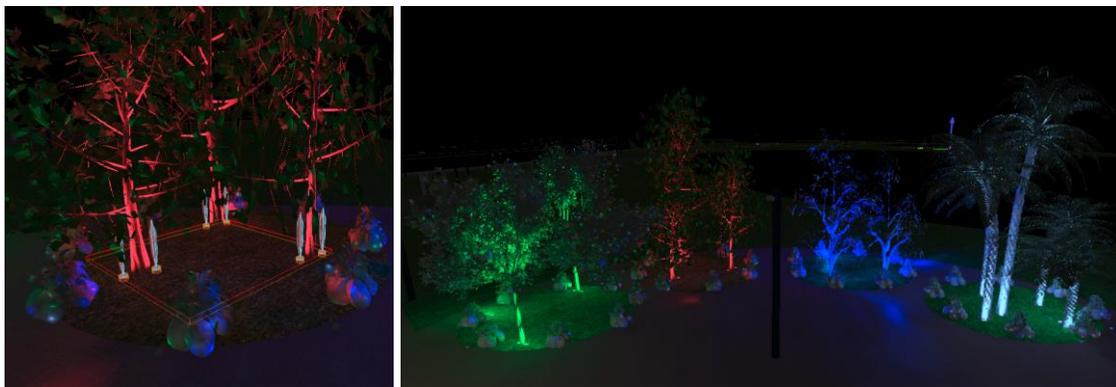


Figura 22. Instalación de luminarias en los árboles de la Villa Olímpica

▪ Escenario Principal

Este escenario se encuentra ubicado en la Plazoleta Principal, su función es realizar los pequeños eventos que dan apertura a los grandes eventos deportivos y culturales que se



Figura 25. Monumento y Fuente en Agua de la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica

Se propone que el monumento sea de bronce, por lo que la iluminación propuesta para este serán proyectores led ubicados en la base del mismo que acentúen sus rasgos más característicos, lo que incluye una inclinación manual in situ: para la fuente de agua, se propone el uso de balas de piso RGB led en la salida de cada chorro de luz, con esto se puede hacer un juego de luces adecuado a cada evento que se realice en la Villa (Figura 26).



Figura 26. Instalación de luminarias en el Monumento y Fuente de Agua de la Villa Olímpica

○ Tipo de Luminarias Propuestas

Para la selección de luminarias propuestas en este proyecto es importante tener en cuenta que la luz no sobrepase la línea del horizonte, por lo se deben usar luminarias que no emiten luz hacia arriba evitando así la contaminación lumínica; además, con la interdistancia adecuada se garantizan bajos niveles de deslumbramiento sobre el peatón (ERCO, 2018).

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las características fotométricas de las luminarias utilizadas para este proyecto:

Tabla 4. Luminarias Propuestas

Referencia	Fabricante	Flujo Lumínico [lm]	Temperatura de Color [K]	Potencia [W]	IRC	IP	IK	Vida útil
<i>P25819 - LED SYLSTREET 22-35W NW 7P</i> Luminaria de Alumbrado Público tipo II M	Sylvania 	5.300	4.000	35	>70	66	09	L70 100.000 h
<i>JFX 24V 100LM 03FT RGBW 90CRI WL</i> Cinta Led de 24VDC para exposición directa al agua	Juno 	100 x pie	RGB	7.5	90	65	09	L70 50.000h
DIJON – H/520/3W/RGB Luminaria Led sumergible	Tecnolite 	196	RGB	3	>70	68	09	L70 20.000h
Ceres - HLED-940/1W/30/S Luminaria Led empotrada	Tecnolite 	50	3.000	1	80	65	09	L70 15.000h
SAF1 LED P1 27K 80CRI 6DEG MVOLT C3 Proyector exterior 6°	Hydrel 	731	2.700	16	80	66	09	L70 36.000h
SAF7 LED P1 RGB 80CRI 15DEG MVOLT Proyector exterior 15°	Hydrel 	1.564	RGB	45	80	68	09	L83 100.000h

Cabe resaltar que las luminarias que se encuentran en espacios abiertos deben soportar el viento y la intemperie; es por esto que se propone el uso de luminarias con tipo de protección alto (IP65), y que además resistan el agua y la humedad extrema, por esto se utilizan luminarias Wet Locaton (WL); también es necesario seleccionar luminarias con amplia distribución lumínica, ópticas de calidad, y una excelente reproducción de color; de esta forma se lograra desarrollar el concepto de iluminación esperado.

○ **Plan de Mantenimiento**

Las luminarias requieren de un mantenimiento periódico sistemático y debidamente programado, con el fin de preservar los aspectos a mencionar; es importante tener en cuenta que todo trabajo de mantenimiento de las luminarias debe ser efectuado por personal debidamente capacitado, con las luminarias apagadas y frías, y utilizando herramientas y equipos de trabajo adecuados.

▪ **Niveles de Iluminación**

Con el fin de garantizar la salud de los usuarios, y permitiendo la ejecución de sus funciones en condiciones óptimas, se deben mantener los niveles de iluminación establecidos en el diseño de iluminación.

▪ **Correcto Funcionamiento**

Se debe garantizar la correcta operación de las luminarias y de sus componentes previniendo fallas en su operación.

▪ **Eficiencia Energética**

La depreciación por uso de las luminarias se traduce en pérdida de luminosidad sin que se reduzca el consumo eléctrico

Además, los encargados del mantenimiento general deberán establecer las siguientes rutinas y efectuarlas periódicamente:

- *Control de funcionamiento*: inspecciones visuales mensuales para detectar que todas las luminarias enciendan y estén funcionando correctamente.
- *Mantenimientos preventivos*: los cuales se definen a continuación y consisten en la ejecución de las siguientes tareas:
 - a. Limpieza general: debe realizarse en periodos entre 6 meses y un año, preferentemente en seco, mediante paño humedecido en agua jabonosa, secándose posteriormente con paño de gamuza o similar.

- b. Revisión general de equipo: debe realizarse en periodos entre 18 y 24 meses, haciendo pruebas de parámetros eléctricos como corriente de entrada y factor de potencia.
- c. Reposición de luminarias: debe realizarse en periodos según vida útil y estadística de uso: Los productos están diseñados para llegar a un nivel de mantenimiento luminoso del 70% en el tiempo de funcionamiento estipulado como "vida útil L70". Una vez cumplida las horas de servicio total correspondiente se debe proceder con la reposición de las luminarias teniendo en cuenta la disposición final correcta de los equipos electrónicos.

▪ Precauciones

1. Las luminarias o cualquier otro elemento de iluminación no se suspenderán directamente de los cables correspondientes a un punto de luz. Solamente con carácter provisional, se utilizarán como soporte de una bombilla.
2. No se impedirá la buena refrigeración de la luminaria mediante objetos que la tapen parcial o totalmente, para evitar posibles incendios. En cualquier caso, no se debe colocar ningún objeto sobre la lámpara.
3. El papel del usuario deberá limitarse a la observación de la instalación y sus prestaciones. Cualquier anomalía observada deberá ser comunicada al departamento de mantenimiento respectivo.
4. Todas las luminarias y sus componentes de reemplazo serán de las mismas características que las originales.
5. La reposición de las luminarias de los equipos de alumbrado deberá efectuarse cuando éstas alcancen su duración media mínima o en el caso de que se aprecien reducciones de flujo importantes. Dicha reposición se efectuará preferentemente por grupos de equipos completos y áreas de iluminación.
6. Siempre que se revisen las instalaciones, un instalador autorizado reparará los defectos encontrados y repondrá las piezas que sean necesarias.

4. Resultados de diseño, conformidad con requisitos y criterios

En esta sección se muestran los resultados fotométricos obtenidos y evaluados en el software libre DiaLux 11.0, que garantizan el cumplimiento de los niveles recomendados en la normativa RETILAP, y que además demuestran la eficiencia esperada del diseño propuesto.

Es por esto que, para cumplir con los objetivos propuestos de este proyecto, fue necesario dividirlo en 3 fases de diseño que son: iluminación funcional, iluminación funcional atenuable e iluminación arquitectónica.

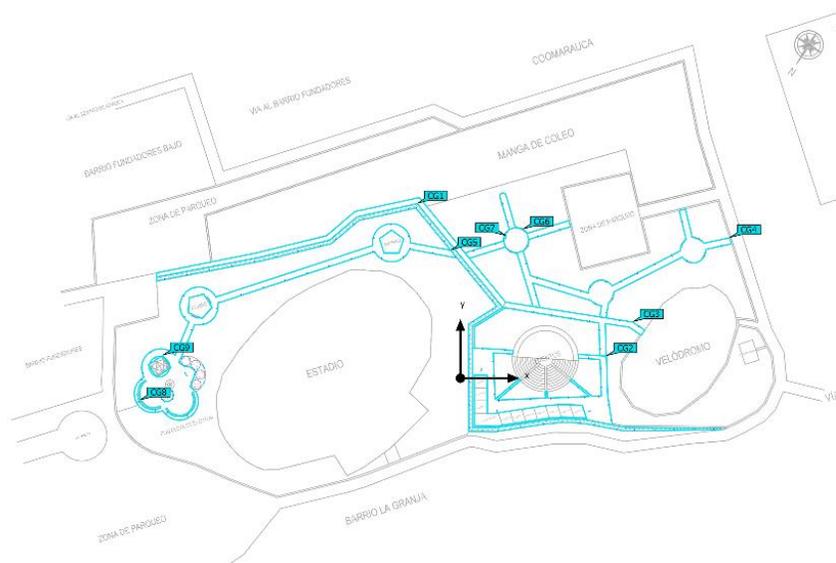


Figura 27. Escenario Principal en la Plazoleta Principal de la Villa Olímpica

Como se observa en la Figura 27, estas son las superficies de cálculo evaluadas en el proyecto, y sobre las cuales se harán las correspondientes comparaciones:

○ Iluminación Funcional

En esta fase funcionan las luminarias de Alumbrado Público y las balas de piso ubicadas en la parte exterior de la Fuente de Agua y la base de los árboles su objetivo es cumplir

con los niveles de iluminación P1 de la Villa Olímpica. Esta iluminación funcionará desde las 6 de la tarde hasta las 10 de la noche.

Los niveles de iluminación obtenidos son los que se muestran en la Figura 28:

Propiedades	E	E _{mín}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Cicloruta Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	24.7 lx	12.1 lx	42.3 lx	0.49	0.29	CG1
Mall de comidas Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.150 m	27.5 lx	12.5 lx	49.9 lx	0.45	0.25	CG2
sendero 2 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	20.4 lx	8.14 lx	37.3 lx	0.40	0.22	CG3
Senderos 3 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	25.5 lx	9.08 lx	39.5 lx	0.36	0.23	CG4
Sendero 4 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	21.0 lx	3.01 lx	40.8 lx	0.14	0.074	CG5

Figura 28. Resultados Obtenidos para la Iluminación Funcional de la Villa Olímpica

○ Iluminación Funcional Atenuable

En esta fase funcionan las luminarias de Alumbrado Público y las balas de piso de la Fuente de Agua y la base de los árboles, atenuadas al 60%; su objetivo es cumplir con los niveles de iluminación P2 de la Villa Olímpica. Este sería un tipo de iluminación de seguridad, y funcionará desde las 10 de la noche hasta las 6 de la mañana.

Los niveles de iluminación obtenidos son los que se muestran en la Figura 29:

Superficie de cálculo

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2	Índice
Cicloruta Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	14.8 lx	7.23 lx	25.4 lx	0.49	0.28	CG1
Mall de comidas Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.150 m	16.5 lx	7.53 lx	30.0 lx	0.46	0.25	CG2
sendero 2 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	12.2 lx	4.88 lx	22.4 lx	0.40	0.22	CG3
Senderos 3 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	15.3 lx	5.45 lx	23.7 lx	0.36	0.23	CG4
Sendero 4 Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.200 m	12.6 lx	1.82 lx	24.5 lx	0.14	0.074	CG5

Figura 29. Resultados Obtenidos para la Iluminación Funcional Atenuada de la Villa Olímpica

○ Iluminación Arquitectónica

En esta fase funcionan las luminarias de las bancas de las de las plazoletas conectoras, el escenario principal, las exposiciones de arte, los árboles, la fuente de agua y el monumento de la Plaza Principal. Esta iluminación solo se encendería en eventos culturales programados por el municipio, en combinación con la iluminación funcional propuesta, sectorizada según lo indique el programador de la Villa.

Los niveles de iluminación obtenidos son los que se muestran en la Figura 30:

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2	Índice
Plazoleta Conectora Iluminancia perpendicular Altura: 0.170 m	32.6 lx	23.6 lx	76.7 lx	0.72	0.31	CG6
Banca Iluminancia perpendicular Altura: 0.150 m	118 lx	28.5 lx	248 lx	0.24	0.11	CG7
Poster Iluminancia perpendicular Altura: 1.592 m	27.6 lx	8.84 lx	75.0 lx	0.32	0.12	CG8
Escenario Principal Iluminancia perpendicular Altura: 0.850 m	95.4 lx	37.5 lx	152 lx	0.39	0.25	CG9

Figura 30. Resultados Obtenidos para la Iluminación Arquitectónica de la Villa Olímpica

5. Cantidades de obra, presupuesto y análisis financiero

Para la evaluación financiera del proyecto se tuvo en cuenta un tiempo de diez (10) años, teniendo como base la garantía de 10 años dada por el fabricante, y proyectando después de este tiempo la modernización de las luminarias. A continuación, se muestra un breve resumen de las cantidades de obra y el presupuesto requerido para cada alternativa evaluada

○ Alternativa 1

Para la evaluación de esta alternativa, se propone la luminaria led P25819 - LED SYLSTREET 22-35W NW 7P de Sylvania, y sus resultados se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Evaluación Financiera de la Alternativa 1

LUMINARIAS	POTENCIA (W)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	26	15.0	132	\$ 1,040,950	\$ 137,405,400
Subtotal (COP):					\$ 137,405,400
POSTES	MATERIAL	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
Metálico 6m	Metálico	30	132	\$ 1,600,000	\$ 211,200,000
Subtotal (COP):					\$ 211,200,000
OTROS ACTIVOS	DESCRIPCIÓN	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
Transformador monofásico 10kVA	Transformador monofásico 10kVA	30	1	\$ 2,742,905	\$ 2,742,905
BAJA TENSION	Estructura 710 Transformador monofasico 5 KVA 13.2 KV/480-240V, suministro, transporte y montaje	30	1	\$ 1,403,527	\$ 1,403,527
SUBESTACION DE DISTRIBUCION	Suministro e instalación	30	1	\$ 3,597,731	\$ 3,597,731
MEDIA TENSION	Suministro e instalación	30	1	\$ 249,840	\$ 249,840

MANTENIMIENTO PREVENTIVO LUMINARIAS	MANT. LUMINARIAS LED	2	132	\$ 120,962	\$ 15,966,984
CABLE DE ALUMINIO #6 AWG	CABLE DE ALUMINIO #6 AWG	30	3.2	\$ 8,570,000	\$ 27,424,000
CAJAS DE INSPECCIÓN	CAJAS DE INSPECCIÓN	30	132	\$ 720,000	\$ 95,040,000
Subtotal (COP):					\$ 146,424,987
TOTAL CI					\$ 495,030,387

El consumo de energía por año de esta alternativa, teniendo como base una tarifa de consumo eléctrico de \$700 kw/h-mes, se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6. Consumo Energético de la Alternativa 1

ENERGÍA ANUAL LUMINARIAS	POTENCIA (W)	OPERACIÓN HORAS / DIA	CANTIDAD	COSTO ENERGÍA POR LUMINARIA	COSTO TOTAL
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	35	4	132	\$ 35,770	\$ 4,721,640
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	22	8	132	\$ 44,968	\$ 5,935,776
Subtotal Energía (COP):					\$ 10,657,416
CARGA TOTAL INSTALADA (kW)					4.6
AFORO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL (kWh)					6745.2
TOTAL CAO					\$ 10,657,416

○ Alternativa 2

Para la evaluación de esta alternativa, se propone la luminaria led atenuable P25819 - LED SYLSTREET 22-35W NW 7P de Sylvania, y sus resultados se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7. Evaluación Financiera de la Alternativa 2

LUMINARIAS	POTENCIA (W)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	35	15	132	\$ 1,040,950	\$ 137,405,400
Subtotal (COP):					\$ 137,405,400
POSTES	MATERIAL	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
Metálico 6m	Metálico	30	132	\$ 1,600,000	\$ 211,200,000
Subtotal (COP):					\$ 211,200,000
OTROS ACTIVOS	DESCRIPCIÓN	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL

Transformador monofásico 10kVA	Transformador monofásico 10kVA	30	1	\$ 2,742,905	\$ 2,742,905
BAJA TENSION	Estructura 710 Transformador monofasico 5 KVA 13.2 KV/480-240V, suministro, transporte y montaje	30	1	\$ 1,403,527	\$ 1,403,527
SUBESTACION DE DISTRIBUCION	Suministro e instalación	30	1	\$ 3,597,731	\$ 3,597,731
MEDIA TENSION	Suministro e instalación	30	1	\$ 249,840	\$ 249,840
MANTENIMIENTO PREVENTIVO LUMINARIAS	MANT. LUMINARIAS LED	2	132	\$ 120,962	\$ 15,966,984
CABLE DE ALUMINIO #6 AWG	CABLE DE ALUMINIO #6 AWG	30	3.2	\$ 8,570,000	\$ 27,424,000
CAJAS DE INSPECCIÓN	CAJAS DE INSPECCIÓN	30	132	\$ 720,000	\$ 95,040,000
Subtotal (COP):					\$ 146,424,987
TOTAL CI					\$ 495,030,387

El consumo de energía por año de esta alternativa, teniendo como base una tarifa de consumo eléctrico de \$700 kw/h-mes, se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8. Consumo Energético de la Alternativa 2

ENERGÍA ANUAL LUMINARIAS	POTENCIA (W)	OPERACIÓN HORAS / DIA	CANTIDAD	COSTO ENERGÍA POR LUMINARIA	COSTO TOTAL
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	35	12	132	\$ 107,310	\$ 14,164,920
Subtotal Energía (COP):					\$ 14,164,920
CARGA TOTAL INSTALADA (kW)					4.6
AFORO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL (kWh)					20235.6
TOTAL CAO					\$ 14,164,920

○ Alternativa 3

Para la evaluación de esta alternativa, se propone la luminaria led P25819 - LED SYLSTREET 22-35W NW 7P de Sylvania, que, para este caso, se incluye con el kit solar de gabinete, baterías y panel solar correspondiente; sus resultados se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Evaluación Financiera de la Alternativa 3

LUMINARIAS	POTENCIA (W)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
LED SYL STREET LIGHT 22-35W	0	15	132	\$ 1,040,950	\$ 137,405,400
Subtotal (COP):					\$ 137,405,400
POSTES	MATERIAL	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
Metálico 6m	Metálico	30	132	\$ 1,600,000	\$ 211,200,000
Subtotal (COP):					\$ 211,200,000
OTROS ACTIVOS	DESCRIPCIÓN	VIDA ÚTIL (AÑOS)	CANTIDAD	COSTO C/U	COSTO TOTAL
PANEL SOLAR	KIT SOLAR	25	132	\$ 2,765,429	\$ 365,036,628
Bateria	Bateria	5	132	\$ 1,469,128	\$ 193,924,896
MANTENIMIENTO PREVENTIVO KIT SOLAR	MANT. PREV. KIT SOLAR	0.6	132	\$ 120,962	\$ 15,966,984
MANTENIMIENTO PREVENTIVO LUMINARIAS	MANT. LUMINARIAS LED	2	132	\$ 120,962	\$ 15,966,984
Subtotal (COP):					\$ 590,895,492
TOTAL CI					\$ 939,500,892

Para esta alternativa no se presenta una evaluación del consumo energético, ya que se propone trabajar con luminarias que incluyen un sistema fotovoltaico.

Finalmente, el análisis de costo del proyecto de tres alternativas, con un tiempo de evaluación de 10 años, se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10. Comparación del Análisis de costo del proyecto

ALTERNATIVA	COSTOS INICIALES (CI)	COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN	VALOR PRESENTE DE CAO	CI+VALOR PRESENTE NETO DE CAO	COSTO TOTAL ANUAL EQUIVALENTE
LED ATENUABLE	\$495 M	\$ 18 M	\$ 104 M	\$ 599 M	\$ 106 M
LED FIJA	\$ 495 M	\$ 22 M	\$ 124 M	\$ 619 M	\$ 110 M
LED FOTOVOLTAICA	\$ 939 M	\$ 59 M	\$ 333 M	\$ 1,273 M	\$ 226 M

Como se puede observar que la mejor opción después de la evaluación financiera en la alternativa 1 (Luminaria LED Atenuable), teniendo un ahorro anual con respecto a la segunda mejor alternativa de aproximadamente CUATRO MILLONES DE PESOS M/CTE (\$4,000,000).

6. Conclusiones y recomendaciones

a. Conclusiones

Se logró diseñar un sistema de iluminación para los recorridos peatonales, ciclorutas y plazoletas de la Villa Olímpica que conducen al acceso de los escenarios deportivos correspondientes; resaltando estas zonas por medio de la aplicación de diferentes conceptos del uso de la luz y el color.

Se logra implementar una estrategia de gestión energética adecuada para la Villa Olímpica, mediante el uso de luminarias atenuables, y teniendo en cuenta la ocupación y el flujo de las personas en las áreas de diseño, demostrando un ahorro significativo del consumo de energía.

Los valores de uniformidad sobre una superficie son un ítem normativo importante; pero a la hora de hacer un diseño de iluminación arquitectónica, este parámetro pasa a segundo plano, teniendo en cuenta que lo importante es realzar las características físicas de las obras y mobiliario.

El diseño de iluminación de los espacios exteriores debe minimizar la contaminación lumínica del ambiente que lo componen, por esto se recomienda utilizar luminarias que no sobrepasen el ángulo visual del peatón; y en caso de ser luminarias decorativas, deben ser direccionadas sobre el objeto a iluminar, evitando desperdicios en el espacio.

El tema de la selección de luminarias decorativas es algo subjetivo; por lo que se recomienda que el color RGB y el enfoque que se da sobre el mobiliario se haga en sitio, resaltando lo que se desea y evitando contaminación lumínica a su alrededor.

b. Recomendaciones

El diseño de iluminación de los espacios exteriores debe minimizar la contaminación lumínica del ambiente que lo componen, por esto se recomienda utilizar luminarias que no sobrepasen el ángulo visual del peatón; y en caso de ser luminarias decorativas, deben ser direccionadas sobre el objeto a iluminar, evitando desperdicios en el espacio.

El tema de la selección de luminarias decorativas es algo subjetivo; por lo que se recomienda que el color RGB y el enfoque que se dé sobre el mobiliario se haga en sitio, resaltando lo que se desea y evitando contaminación lumínica a su alrededor.

El cuidado del espacio en donde se pretende instalar las luminarias debe ser constante; para el tema del Alumbrado Público los árboles deben ser podados constantemente para así evitar obstáculos sobre el área iluminada.

El uso correcto del mobiliario va de la mano con el plan de mantenimiento que se desarrolle para la instalación, por esto se recomienda siempre que el operario encargado de este tome las precauciones correspondientes para su cuidado y limpieza.

**A. Anexo: Villa Olímpica de Arauca –
Resultados Fotométricos**

**B. Anexo: Villa Olímpica de Arauca –
Fichas Técnicas**

**C. Anexo: Villa Olímpica de Arauca –
Video**

**D. Anexo: Villa Olímpica de Arauca –
Poster**

Bibliografía

- AdamCorp. (30 de 06 de 2020). *El mobiliario urbano y su importancia en los parques*. Obtenido de <https://adamcorprd.com/noticias/f/el-mobiliario-urbano-y-su-importancia-en-los-parques?blogcategory=MOBILIARIO+URBANO>
- Alcaldía de Arauca. (08 de 02 de 2022). *Avanza recuperación del alumbrado público en el Municipio*. Obtenido de <https://www.arauca-arauca.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Avanza-recuperaci%C3%B3n-del-alumbrado-p%C3%BAblico-en-el-Municipio.aspx>
- Alcaldía de Cali. (29 de 07 de 2015). *Bienes de interés cultural tendrán iluminación permanente e información digital*. Obtenido de https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/110154/bienes_de_interes_cultural_tendran_iluminacion_permanente_e_informacion_digital/
- Arauca Majestuosa. (2023). *Sitios Turísticos, Fiestas y Monumentos de Arauca*. Obtenido de <https://araucamajestuosa.wixsite.com/araucamajestuosa/cultura-rj1y4>
- Asdrubal Bareño, Z. (2013). *Ciudad e identidad en la ciudad de Arauca, departamento de Arauca*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos94/ciudad-e-identidad-ciudad-arauca-departamento-arauca/ciudad-e-identidad-ciudad-arauca-departamento-arauca>
- Cinaruco, L. V. (24 de 04 de 2017). *Ordenan trabajos de recuperación de la Villa Olímpica en Arauca*. Obtenido de Ordenan trabajos de recuperación de la Villa Olímpica en Arauca: <https://www.lavozdelcinaruco.com/16715-ordenan-trabajos-de-recuperacion-de-la-villa-olimpica-en-arauca#.ZFB3CHbMK3A>
- Color Kinetics. (2023). *Curtis Hixon Waterfront Park and Riverwalk*. Obtenido de <https://www.colorkinetics.com/global/showcase/curtis-hixon>
- Cousseau, A. (06 de 2015). *La Iluminación de las Ciudades y su Imagen Nocturna: Caso de Lyon y Barcelona*. Obtenido de Papers de Turisme - Universidad de Girona : file:///G:/My%20Drive/01_Cursos/02_Especializaci%C3%B3n/Proyecto%20de%20Grado/00_Bibliograf%C3%ADa/La%20Iluminaci%C3%B3n%20de%20las%20Ciudades%20y%20su%20Imagen%20Nocturna%20Caso%20de%20Lyon%20y%20Barcelona.pdf

- Philips. (2023). *Haciendo de Bogotá una ciudad mas bella*. Obtenido de Parque de la 93: <https://www.lighting.philips.com.co/proyectos/proyectos/parques-y-plazas/parque-de-la-93>
- Philips. (2023). *Llenar de vida las plazas urbanas: Una nueva visión para Catharinaplein*. Obtenido de <https://www.lighting.philips.com.co/proyectos/proyectos/parques-y-plazas/catharinaplein>
- SECOM. (15 de 06 de 2021). *Iluminación de parques públicos y plazas: ideas para obtener el mejor resultado*. Obtenido de <https://blog.secom.es/iluminacion-de-parques-publicos-y-plazas/>
- Wilches Castillo, A. (23 de 11 de 2022). *Diseño de un sistema de iluminación para parques y zonas peatonales de la ciudad de Bogotá que ayude a mitigar la percepción de inseguridad ciudadana*. Obtenido de http://repository.uan.edu.co:8080/bitstream/123456789/7746/1/2022_AndresFelipeWilchesCastillo.pdf