

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICA DE SAN  
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS  
MECA – ELECTRÓNICAS**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**GRADUACIÓN MODALIDAD DIPLOMADO**

**“RE DISEÑO DE ESTRUCTURA E ILUMINACIÓN PARA LA  
PISCINA MUNICIPAL SIMÓN BOLÍVAR DE SUCRE”**

**POSTULANTE: CHUMACERO SANABRIA KEVIN MARCELO**

“Trabajo presentado para obtener el título de licenciado en Ingeniería Eléctrica, otorgado, por la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca”

SUCRE – BOLIVIA

2024

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del título de licenciado en ingeniería eléctrica de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo con fines educativos.

Kevin Marcelo Chumacero Sanabria

Sucre, 02 de julio de 2024

## **DEDICATORIA**

A mis padres:

Dedico y agradezco profundamente por el apoyo en mis estudios a mis padres Marcelo Chumacero y Jhanett Sanabria por todo el apoyo, cuidado, amor y consejos que me brindaron hasta esta etapa de mi vida.

A mi prometida:

Alisson Mayan a quien agradezco el apoyo brindado, al ser un pilar fundamental en mi vida, gracias por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente con mucha dedicación y amor.

A mis hermanos:

Sebastián, Yara y Yuvinka. Fueron parte de mi inspiración para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios:

Agradezco a Dios por la vida, por mi familia y por esta anhelada oportunidad.

A mi familia:

A mi bella familia por la paciencia y el apoyo depositados en mí, que me inspiraron a culminar esta etapa en mi vida.

A la universidad:

A toda la parte administrativa y docente que me prepararon y enfocaron para poder obtener este anhelado objetivo.

A mis compañeros y amigos:

Por su buena amistad, apoyo y lindos momentos vividos siempre con el firme objetivo de avanzar hacia adelante.

## RESUMEN

El proyecto de “Rediseño de estructura e iluminación para la Piscina Municipal Simón Bolívar de Sucre” tiene por objetivo diseñar un nuevo sistema de iluminación enfocado en mejorar significativamente la distribución de la iluminación mediante los reflectores y las torres que las soportan, distribuyendo de manera estratégica su ubicación en base a las normativas nacionales e internacionales para piscinas deportivas.

Una vez limitado el enfoque del estudio, se realizó una investigación para la selección adecuada de tecnología de iluminación específica para piscinas deportivas, siendo la tecnología LED la más apta por su eficiencia, durabilidad y rendimiento. Acorde a las luminarias, se realizó un nuevo diseño de la estructura considerando diferentes factores como ser; altura, resistencia a las cargas, durabilidad y accesibilidad.

Asimismo, se llevó a cabo una inspección detallada de las necesidades específicas del lugar, centrándose especialmente en la optimización de la estructura física y la modernización del sistema de iluminación. Haciendo uso de las herramientas de diseño se pudo realizar el modelado y ensamblado de la estructura utilizando Software SolidWorks, además se pudo calcular y simular la iluminación de la piscina con Software Dialux.

En conclusión, la tecnología LED se adaptó a las condiciones de la piscina municipal Simón Bolívar demostrando mayor nivel de eficiencia en la simulación. En cuanto a la estructura se logró desarrollar un diseño óptimo adecuado al ambiente de la piscina; finalmente, gracias al análisis de costo y viabilidad se concluyó que puede ser financiado por la alcaldía y a pesar de que el consumo de energía no se vio favorecido, el desempeño de los nuevos reflectores brindaran una mayor eficiencia en la iluminación de la piscina generando mayor demanda de deportistas practicantes de natación, así como nuevos ingresos que permitirán en un futuro cercano recuperar la inversión y tener un ambiente más atractivo en horario nocturno.

## INDICE TEMÁTICO

### **CAPÍTULO I**

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Formulación del problema	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1 Justificación técnica	4
1.3.2 Justificación económica	5
1.3.3 Justificación social	5
1.4 METODOLOGÍA	6
1.4.1 Métodos	6
1.4.2 Técnicas e instrumentos	7
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 Objetivo general	8
1.5.2 Objetivos específicos	8

### **CAPÍTULO II**

2 DESARROLLO	9
2.1 MARCO CONTEXTUAL	9
2.1.1 Piscina municipal “Simón Bolívar”	9
2.1.2 Necesidades Específicas de iluminación	9
2.2 MARCO TEÓRICO	10
2.2.1 Definiciones	10
2.2.1.1 Lumen	10
2.2.1.2 Lux	10
2.2.1.3 Luminotecnia	11
2.2.1.4 Flujo luminoso	11
2.2.1.5 Reflexión de la luz	12
2.2.1.6 Refracción de la luz	12
2.2.1.7 Nivel de iluminación	13
2.2.2 Características de iluminación en piscinas deportivas	13
2.2.2.1 Aspectos importantes para instalaciones deportivas	13
2.2.2.2 Uniformidad en la iluminación	13

2.2.2.3 Uniformidad de la luz en piscinas	14
2.2.2.4 El deslumbramiento	14
2.2.3 Factor de mantenimiento	15
2.2.4 Normativas de iluminación para piscinas	16
2.2.4.1 Normas para instalaciones deportivas	16
2.2.4.2 Normativa americana para iluminación de piscinas	16
2.2.4.2.1 Normativa de la Federation Internationale of Natation "FINA"	16
2.2.4.3 Normativa europea para la iluminación de piscinas	17
2.2.4.3.1 Norma UNE-EN 12193:2000 de iluminación deportiva	18
2.2.4.3.2 Normas UNE-EN instalaciones para espectadores	18
2.2.4.4 Normativa boliviana para iluminación de piscinas	19
2.2.4.4.1 Norma boliviana NB777 (IBNORCA, 2007)	19
2.2.5 Tipos de luminarias que se utilizan para iluminación en piscinas	19
2.2.5.1 Reflectores de sodio de alta presión (HPS)	19
2.2.5.1.1 Partes de la lámpara	20
2.2.5.1.2 Mantenimiento preventivo del reflector de sodio	20
2.2.5.1.3 Características	21
2.2.5.2 Reflector de haluro metálico	21
2.2.5.2.1 Mantenimiento preventivo del reflector de haluro metálico	22
2.2.5.2.2 Características	22
2.2.5.3 Reflectores LED	23
2.2.5.3.1 Mantenimiento preventivo del reflector LED	23
2.2.5.3.2 Características	23
2.2.6 Estructuras donde se instalan las luminarias	24
2.2.6.1 Altura de torres deportivas	25
2.2.6.2 Torres de iluminación	26
2.2.7 Software Dialux	27
2.2.7.1 Características del Software Dialux	27
2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	28
2.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	28
2.4.1 Iluminación actual, iluminación propuesta	30
2.4.1.1 Tecnología halógena	30
2.4.1.2 Tecnología LED	31
2.4.2 Estrategias de iluminación	32
2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	32
2.5.1 Determinación de parámetros de diseño	32
2.5.1.1 Diseño de iluminación	32

2.5.1.1.1	Determinación de tipo de luminaria	33
2.5.1.1.2	Determinación del número de luminarias	34
2.5.1.1.3	Determinación del factor de utilización del haz (fu)	34
2.5.1.1.4	Determinación de la altura a la que se va a colocar las luminarias	35
2.5.1.1.5	Distribución de luminarias	36
2.5.1.2	Consideraciones para el diseño estructural	37
2.5.1.2.1	Diseño mecánico de poste metálico	37
2.5.1.2.2	Determinación por flexión para el diámetro necesario	38
2.5.1.2.3	Determinación de poste metálico	39
2.5.1.2.4	Determinación de las escaleras y barandillas	39
2.5.1.2.5	Determinación de la plataforma del habitáculo	40
2.5.1.2.6	Determinación de estabilizadores	41
2.5.1.2.7	Determinación de soldadura	41
2.5.1.2.8	Determinación de anclaje de estructura	42
2.5.1.2.9	Determinación del sistema de control	43
2.5.1.2.10	Determinación del diámetro del conductor	43
2.6	Ánalisis de costos y viabilidad	44
<b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>45</b>
3.1	CONCLUSIONES	45
3.2	RECOMENDACIONES	46

## **ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS**

TABLA 2.1	Recomendaciones de acuerdo al tipo de competición	17
TABLA 2.2	Niveles de iluminación UNE-EN 12193	18
TABLA 2.3	Nivel de iluminación para la piscina	29
TABLA 2.4	Determinación de altura de luminaria	35
FIGURA 2.1	Distribución de luminarias DIALUX	36
FIGURA 2.2	Diseño de estabilizadores	41
FIGURA 2.3	Soldadura	42
FIGURA 2.4	Perno de anclaje	42

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A	CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN EXCEL	51
ANEXO B	SIMULACIÓN DIALUX	51

ANEXO C PLANOS DE DISEÑO DEL PROYECTO	56
ANEXO D LUMINARIA SELECCIONADA SEGÚN CATÁLOGO	64
ANEXO E CÁLCULO POR FLEXIÓN	65
ANEXO F CATÁLOGO PARA TUBERIAS	70
ANEXO G ANÁLISIS DE COSTOS	71
ANEXO H ANÁLISIS DE CONSUMO	72
ANEXO I VISITA A LAS INSTALACIONES DE LA PISCINA MUNICIPAL “SIMÓN BOLÍVAR”	77
ANEXO J MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA	77
ANEXO K ENTREVISTAS REALIZADAS A DEPORTISTAS Y ENTRENADOR	78
ANEXO L SISTEMA DE CONTROL Y DIAGRAMAS UNIFILARES DE CONEXIÓN	80
ANEXO M: PLANILLAS DE CALCULO DE CONDUCTOR	84

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de iluminación exterior es una instalación de fuentes luminosas destinada a proveer una iluminación adecuada según sean las necesidades. Según su aplicación, los sistemas de iluminación exterior pueden clasificarse en: iluminación de grandes áreas, iluminación de campos deportivos, iluminación decorativa e iluminación vial. (Choque, 2015)

Podemos considerar iluminación deportiva todo sistema de iluminación que está diseñado y adaptado a cualquier actividad o recinto donde se practica algún deporte. Debido a los constantes cambios tecnológicos, así como las necesidades cada vez más específicas, la iluminación deportiva se ha vuelto esencial ya que mejorar el campo visual tanto para los deportistas como para los espectadores es el principal objetivo de la iluminación deportiva. (SIMON, 2022)

Durante los últimos años, las actividades deportivas en el horario nocturno han generado mayor demanda de deportistas o personas afines al deporte. El enfoque de nuestro trabajo se centra en la piscina municipal Simón Bolívar de Sucre.

Para dimensionar este sistema de iluminación deportivo, es necesario realizar primero un estudio lumínico detallado. En este habrá que considerar toda la tecnología de iluminación disponible, se tomará en cuenta las características y requisitos técnicos de la piscina municipal Simón Bolívar y el presupuesto estimado para lograr los objetivos planteados.

Una vez recopilada la información y los datos necesarios, se procederá a diseñar un sistema de iluminación que se adapte a todas las necesidades, tomando en cuenta aspectos como los niveles de iluminación necesarios, ángulos, altura, deslumbramiento, sombras, uniformidad y ubicación.

Así al tener una excelente visibilidad se garantiza la seguridad de los nadadores y espectadores, mientras que unos proyectores resistentes y bien diseñados garantizan una larga vida útil para un buen retorno de la inversión.

## **1.1. ANTECEDENTES**

En el siglo XVIII el alumbrado público tenía como fuente de energía el gas. Con este tipo de alumbrado se consigue iluminar a través de combustibles gaseosos.

A inicios del siglo XX la evolución da lugar a la energía eléctrica. Las lámparas eléctricas de arco fueron las primeras manifestaciones de esta evolución que, en consecuencia, provocó la incandescencia. Más adelante, a mediados de siglo, llega la luz fluorescente. En la actualidad, la evolución tecnológica ha desarrollado luminarias LED, de baja densidad, y con una duración media de unos 10 años. Se trata del modelo de iluminación hasta la fecha más eficiente y ecológico. (Sanatana, 2020)

En este contexto el tema de iluminación llega a ser un tema de mucha importancia tanto en la eficiencia como el atractivo visual, además de buscar una reducción significativa en cuanto a costos de consumo, es por eso que el tema de diseño de luces y estructura es de vital importancia en las instalaciones deportivas.

Esta importancia ante los temas de iluminación los podemos ver en estudios previos, como ser “Propuesta de diseño para la iluminación del área deportiva USAC campus central de Guatemala”, donde se recalca que las luminarias de Halogenuro no son las más indicadas para este tipo de deportes donde se debe priorizar las necesidades visuales de los deportistas. (Marroquin, 2015).

Se debe tomar en cuenta al momento de implementar un sistema de iluminación en las instalaciones deportivas el tema de ahorro energético, que se puede observar en “Ahorro energético de iluminación del área de competencia de la piscina olímpica de Sucre mediante luminarias de tipo LED”, donde se recalca la importancia del ahorro energético y cómo las nuevas tecnologías pueden brindarnos un mayor porcentaje de beneficios y un menor costo de consumo eléctrico. (Mejia, 2020).

Para abordar la problemática del proyecto, se visitó la jefatura de deportes ubicada en el coliseo San José de la ciudad de Sucre para solicitar información de la piscina municipal Simón Bolívar y su sistema de iluminación. Donde se dio conocer que no se pudo realizar proyectos de impacto o de mejoras en las instalaciones de la piscina durante mucho tiempo, se mencionó también el consumo eléctrico elevado, y la falta de mantenimiento por escasez de recursos económicos destinados al

mismo. Asimismo, se mencionó que durante varios años estas estructuras han permanecido sin ningún tipo de modificaciones o actualizaciones, apreciándose al día de hoy estructuras antiguas, con difícil acceso y unas luminarias de halogenuro de alto consumo energético.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La piscina Municipal Simón Bolívar de la ciudad de Sucre, cuenta actualmente con un sistema de iluminación en el área deportiva, con luminarias inadecuadas, mal distribuidas, y con estructuras antiguas y deficientes, lo cual genera una serie de problemas, tales como:

- a) Costos elevados, asociados al consumo de energía, debido a que las luminarias instaladas actualmente son de halogenuro de 500 W de potencia con una muy baja eficiencia.
- b) Inadecuada distribución de la iluminación para eventos deportivos tanto para prácticas como para competencias semiprofesionales.
- c) Posibles problemas de fatiga ocular y riesgos de seguridad para los deportistas y espectadores, por una inadecuada iluminación en el lugar.
- d) Mala ubicación de las torres de iluminación.
- e) Falta de mantenimiento completo de las instalaciones, cuyo resultado es un sistema de iluminación desgastado por los años.
- f) Ausencia de acceso rápido a las luminarias, que hace imprescindible el uso de escaleras auxiliares para acceder a las mismas.
- g) Disconformidad en los deportistas y espectadores por la mala iluminación actual.

Es importante que el sistema de iluminación este siempre en las mejores condiciones, por lo que el presente proyecto se enfoca en el rediseño y la reestructuración del sistema de iluminación, con el objetivo de que las luminarias tengan una óptima distribución, mejorando así la dispersión de la luz dentro y fuera de la piscina , a través de un sistema de iluminación más eficiente y eficaz que el actual, con implementación de tecnología LED, que complementado con el rediseño de las torres logrará beneficios en cuanto a accesibilidad, mantenimiento y reducción de consumo energético

### **1.2.1. Formulación del problema**

¿Sera posible sustituir el sistema de iluminación actual de la piscina Municipal Simón Bolívar de Sucre, a través de un rediseño que permita mejorar la eficiencia de la iluminación en el área de la piscina?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La piscina municipal Simón Bolívar lleva alrededor de 50 años de funcionamiento donde se formaron varios atletas siendo hasta la fecha una de las más utilizadas por los deportistas y personas afines al deporte, sin embargo, al ser una instalación deportiva de alta concurrencia en los horarios diurnos, el horario nocturno cuenta con mayor demanda debido a los horarios laborales, y estudios académicos, entre otros.

El presente proyecto es de vital importancia para la ciudad de Sucre, dada la alta demanda de deportistas que hacen uso de la piscina, por lo que un adecuado diseño del sistema de iluminación y estructura acorde a las exigencias, necesidades y requerimientos de los interesados, mejorará las condiciones para esta práctica deportiva.

#### **1.3.1. Justificación técnica**

La implementación de un sistema de iluminación adecuado contribuirá a mejorar y optimizar las condiciones de la práctica deportiva.

En este caso la justificación técnica radica en dos puntos específicos:

- **Innovación tecnológica:** La selección y aplicación de tecnologías de iluminación que cumplan con los requisitos particulares de este entorno, incluyendo eficiencia energética y capacidad para ofrecer una iluminación uniforme y confortable, esto mediante la implementación de nueva tecnología LED.
- **Seguridad estructural con materiales adecuados:** Conjuntamente con la luminaria se trabajará con las torres de iluminación desarrollando un diseño práctico y de fácil acceso a las mismas haciendo uso de unas escaleras

acopladas a la estructura principal que finalizaran en un habitáculo el cual permitirá un acceso directo a las luminarias, facilitando así al personal de mantenimiento la realización de operaciones necesarias, brindando seguridad y garantizando su durabilidad.

### **1.3.2. Justificación económica**

La introducción de tecnologías de iluminación LED que es más eficiente en cuanto al consumo de energía permitirá obtener beneficios económicos para la administración de la piscina Municipal Simón Bolívar. Si bien es cierto que inicialmente habrá una inversión significativa, no habrá que tomarlo como una perdida si no como una inversión que será recuperada con la demanda de deportistas.

Al utilizar tecnologías eficientes y duraderas, se reducirán los gastos asociados al consumo de energía y al reemplazo de luminarias, lo que resultará en un retorno de inversión favorable. Además, una iluminación adecuada puede aumentar la atracción de las instalaciones deportivas, lo que puede traducirse en un incremento en el número de usuarios y por ende, en ingresos económicos adicionales.

### **1.3.3. Justificación social**

La tecnología utilizada en este trabajo cumplirá con los estándares normativos para piscinas deportivas, que mejorará la experiencia y el bienestar de la comunidad deportiva en el horario nocturno. Al proporcionar un entorno seguro y confortable se creará un ambiente llamativo el cual fomentará mayor participación de deportistas en el horario nocturno.

## **1.4. METODOLOGÍA**

La metodología empleada para el diseño del sistema de iluminación para la piscina deportiva se fundamenta, en un enfoque sistemático y multidisciplinario que busca garantizar la eficiencia y la efectividad en todas las etapas del proyecto.

En primer lugar, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura especializada en iluminación para entornos deportivos. Esta revisión bibliográfica

proporcionará una base sólida para el diseño adecuado de un sistema de iluminación para piscinas deportivas.

Posteriormente, se procederá a realizar un análisis detallado de los requisitos técnicos y normativos relacionados con la iluminación de piscinas deportivas. Este análisis incluirá la consulta de normativas nacionales e internacionales, así como la revisión de estándares de calidad y seguridad en iluminación.

Una vez establecidos los requisitos técnicos y normativos, se llevará a cabo la selección de las tecnologías de iluminación más adecuadas para el proyecto. Esta selección se basará en criterios como la eficiencia energética, los grados de protección de resistencia al agua y polvo, más la capacidad de iluminación uniforme y adecuada.

Con las tecnologías seleccionadas, se procederá a la elaboración de propuestas de diseño del sistema de iluminación para la piscina deportiva. Estas propuestas se desarrollarán utilizando software especializado de diseño y simulación de iluminación, lo que permitirá evaluar el rendimiento y la eficiencia energética de cada opción. Finalmente se hará un análisis de factibilidad económica de implementación.

#### **1.4.1. Métodos**

Los métodos utilizados serán cualitativos, al momento de buscar y obtener datos mediante entrevistas, experiencias y percepciones de las personas, profundizando en el contexto y las relaciones que rodean el tema de investigación.

El estudio empleará un enfoque de diseño de ingeniería integral que incluirá:

- **Identificación de Requisitos:** Análisis de requisitos técnicos y normativos para piscinas deportivas.
- **Análisis de tecnologías existentes:** Se seleccionarán las tecnologías de iluminación más adecuadas para el proyecto.
- **Análisis de normativas:** Se basará en la revisión de normas nacionales e internacionales para piscinas deportivas.
- **Diseño y modelación:** Utilizando software especializado, se desarrollarán propuestas de diseño del sistema de iluminación y modelado de la torre.

- **Análisis de costos y viabilidad:** Mediante la revisión de catálogos para la compra de materiales de construcción y luminarias, además la comparación de consumo mensual entre la iluminación actual y la propuesta.

#### 1.4.2. Técnicas e instrumentos

Para llevar a cabo el diseño del sistema de iluminación para la piscina deportiva, se emplearán diversas técnicas e instrumentos especializados que permitirán realizar evaluaciones precisas y tomar decisiones fundamentadas.

Entre las técnicas a utilizar se encuentra las entrevistas que se basarán en la experiencia de deportistas y entrenadores para generar ideas, identificar problemas y encontrar soluciones.

Se utilizará instrumentos por ordenador mediante software de diseño de iluminación, como DIALux o Relux y para la parte estructural se utilizará el software de diseño SolidWorks. Estas herramientas permitirán realizar un análisis detallado de la distribución de la luz, la iluminancia y la uniformidad lumínica en diferentes áreas, además de un diseño óptimo y adecuado para la torre.

Se emplearán técnicas de diseño lumínico que incluyen la selección cuidadosa de luminarias, así como la configuración óptima de su disposición y orientación en el espacio de la piscina.

Se emplearán las técnicas impartidas en el curso de diseño mecánico, en el diseño estructural con el fin de mejorar la ubicación de las luminarias y optimizar las tareas de mantenimiento, esto mediante la selección de materiales resistentes a las inclemencias del tiempo y duraderos al paso de los años. En cuanto a la estructura, de igual forma se harán análisis de esfuerzos mediante una simulación.

Por último, se utilizarán herramientas de análisis en la simulación para evaluar el confort visual de los usuarios y garantizar que el sistema de iluminación diseñado cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Esto incluirá la consideración de factores como el deslumbramiento, la temperatura de color y la distribución espacial de la luz.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo general**

Desarrollar un nuevo sistema de iluminación conformado por un diseño estructural que sea adecuado para la implementación de la nueva tecnología de reflectores LED, mejorando así la eficiencia del sistema de iluminación actual de la piscina municipal Simón Bolívar de Sucre.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Investigar las necesidades y requerimientos específicos de iluminación en la piscina municipal Simón Bolívar de Sucre.
- Investigar y analizar las diferentes tecnologías existentes para la iluminación de piscinas.
- Diseñar la estructura de las torres haciéndolas más adecuadas en cuanto a una buena ubicación, un fácil acceso a las mismas más un habitáculo para las operaciones de mantenimiento.
- Realizar simulaciones para evaluar el rendimiento y la eficiencia de iluminación propuesto mediante la utilización del software Dialux.

## CAPÍTULO II

## 2. DESARROLLO

### 2.1. MARCO CONTEXTUAL

En el presente proyecto, se llevará a cabo el diseño de un sistema de iluminación para la piscina municipal Simón Bolívar de la ciudad de Sucre.

#### 2.1.1. Piscina municipal “Simón Bolívar”

La piscina municipal Simón Bolívar ha sido escenario de competiciones deportivas locales y regionales, fomentando el espíritu deportivo y promoviendo un estilo de vida saludable entre los habitantes de Sucre. A lo largo de los años, la piscina ha experimentado renovaciones y mejoras para que se mantenga con los estándares de seguridad y comodidad, sin embargo, al paso del tiempo estas renovaciones y mejoras quedaron muy cortas para las exigencias y la evolución actual. Las necesidades específicas a la fecha sufren varias interrupciones debido a muchos factores internos, que dificultan su realización, entre ellos la falta de presupuesto económico y coordinación entre la gobernación y los clubes que ocupan la piscina que llegan a ser los principales involucrados para proyectos de impacto.

#### 2.1.2. Necesidades específicas de iluminación

Para hacer un buen diseño del sistema de iluminación se trabajará con dos áreas, la primera el área de espectadores y la segunda el área de la piscina como punto fundamental para este estudio.

Para análisis de este proyecto se supervisó los niveles de iluminación y aspectos técnicos en cuanto a las estructuras, obteniendo como resultados los siguientes niveles; 10-16 lux para el área de espectadores y 18-24 lux para el área de la piscina. Dichos resultados incumplen las normativas de iluminación nacional e internacional necesarias para un óptimo desarrollo deportivo. (Normativa FINA), (UNE-EN 121937), (NB 777-IBNIORCA,2007).

Se entrevistó a los deportistas y entrenadores, recibiendo quejas en cuanto a la baja iluminación, restricción al uso completo de todos los reflectores, restricción total de los reflectores en días lluviosos, mala distribución de las torres, piscina y ambientes externos sucios y mal cuidados.

Otras observaciones de los entrenadores en cuanto a algunos aspectos que consideran que causa el problema, es que el portero por temas económicos se limita a hacer el uso completo de las luminarias por su alto consumo eléctrico, ya que se utilizan actualmente luminarias Halógenas.

En cuanto al aspecto técnico de la torre, no se pudo entrevistar al personal de mantenimiento, sin embargo, al realizar una inspección visual se observó el deterioro y descuido de las estructuras por los años e inclemencias del tiempo. La estructura actual de las torres de luminarias no considera aspectos de seguridad, comodidad y accesibilidad para el plan de mantenimiento. Se estima que este proyecto de rediseño de estructura cumpla y satisfaga los requerimientos y necesidades de los usuarios.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Definiciones**

#### **2.2.1.1. Lumen**

El Lumen es la unidad de flujo luminoso, indica la cantidad total de luz emitida por la fuente luminosa, sin importar la dirección hacia la que esta se proyecte. El Lumen es un dato importante en el concepto de eficiencia luminosa. La eficiencia luminosa de una fuente lumínica es la relación entre la cantidad de luz que esta produce y la energía que consume para producirla. Es decir, es la relación Lumen/ vatios (Lm/W). La iluminación LED es más eficiente, porque consume menos vatios para producir una determinada cantidad de luz (Lumen). (directa, 2024).

#### **2.2.1.2. Lux**

El Lux se usa para determinar la cantidad de luz proyectada sobre una superficie (un Lux equivale a un Lumen por metro cuadrado). Nos permite cuantificar la

cantidad total de luz visible y la intensidad de la iluminación sobre una superficie. (directa, 2024).

#### 2.2.1.3. Luminotecnia

La luminotecnia se encarga de analizar y proporcionar niveles de iluminación adecuados en diferentes áreas y actividades, evitando la fatiga visual, la incomodidad y los riesgos de accidentes. La luminotecnia es la técnica que estudia las distintas formas de producción de la luz (artificial), así como su control y aplicación para fines específicos. (Madrid, s.f.).

La planificación de proyectos de iluminación se realiza mediante cálculos luminotécnicos que incluyen todos los factores y condiciones. El cálculo luminotécnico es una herramienta utilizada para descubrir qué equipos o fuentes de luz son necesarios para la iluminación adecuada de un área. (ANEXO A)

#### 2.2.1.4. Flujo luminoso

El flujo luminoso ( $\Phi$ ) se mide en lúmenes (lm), y define la potencia luminosa total que emite una fuente de luz en todas las direcciones. El flujo luminoso se mide con instrumentos de medición especiales o se determina mediante cálculo. La potencia luminosa se calcula a partir del flujo radiante evaluándolo con la sensibilidad espectral del ojo humano.

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m} \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Donde:

$E_m$ = Nivel de iluminación medio (en LUX)

$\Phi_T$ = Flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$ = Superficie a iluminar (en  $m^2$ ).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización ( $C_u$ ) y de mantenimiento ( $C_m$ ), que se definen a continuación:

$C_u$ = El coeficiente de utilización es la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria.

$C_m$ = Coeficiente de mantenimiento. Es el coeficiente que indica el grado de condición de una luminaria. (Castilla, Blanca, Martínez, & Pastor, 2011).

#### **2.2.1.5. Reflexión de la luz**

Cuando las ondas de luz inciden en una superficie lisa y plana, se reflejan lejos de la superficie en el mismo ángulo en el que llegan. La luminancia de una superficie no sólo depende de la cantidad de lux que incidan sobre ella, sino también del grado de reflexión de esta superficie. Una superficie negro mate absorbe el 100% de la luz incidente, una superficie blanco brillante refleja prácticamente en 100% de la luz.

Todos los objetos existentes poseen grados de reflexión que van desde 0% a 100%, el grado de reflexión relaciona iluminancia con luminancia.

Luminancia (Absorbida) = grado de reflexión x iluminancia (lux). (trabajo, 2016).

#### **2.2.1.6. Refracción de la luz**

La refracción es el fenómeno por el cual la luz que se propaga en forma de onda cambia de velocidad al pasar de un medio material a otro distinto, por ejemplo, cambiar del aire al agua. El cambio de dirección que se produce es debido a la distinta velocidad con la que se propaga la luz en cada uno de los medios. La refracción se produce solo si se cumple que la onda incida oblicuamente en la superficie de separación y si tienen índices distintos.

La velocidad de la luz es diferente en cada sustancia, y al pasar de un medio menos denso a uno más denso, la luz tiende a inclinarse hacia la normal (línea perpendicular a la interfaz). Si el cambio es de un medio más denso a uno menos denso, la luz se aleja de la normal. (Recursos, 2023).

Cuando se padece un defecto de refracción, pueden verse borrosos los objetos lejanos, los objetos cercanos o ambos. A veces pueden sufrirse dolores de cabeza causados por entrecerrar los ojos o fruncir el ceño. El error de refracción puede contribuir a la fatiga visual (molestias y fatiga ocular). (Dhaliwal, 2022)

### **2.2.1.7. Nivel de iluminación**

Los niveles de iluminación recomendables están relacionados con el tipo de actividad que se realiza en cada espacio y en cada situación. Por ello, para poder llevar a cabo ciertas actividades de forma adecuada y segura para nuestros ojos, es indispensable contar con unos niveles de iluminación adecuados a cada circunstancia.

La iluminación de piscinas deportivas debe cumplir con ciertas normas y recomendaciones que varían según el tipo de actividad que se realice. Los estándares más reconocidos son los establecidos por organismos como la Federación Internacional de Natación (FINA), las normas UNE (Una Norma Española) UNE-EN 12193, norma boliviana NB777.

## **2.2.2. Características de iluminación en piscinas deportivas**

### **2.2.2.1. Aspectos importantes de iluminación para instalaciones deportivas**

La reciente actualización de la norma UNE-EN 12193:2020 de iluminación de instalaciones deportivas introduce requerimientos técnicos adicionales en los proyectos de reforma como en los de nueva ejecución. Los cambios son relevantes y deben ser tenidos en cuenta a la hora de dimensionar instalaciones correctamente, no solo en aspectos básicos de iluminancias y uniformidades sino también en otros cada vez más importantes como los deslumbramientos, la contaminación y el intrusismo lumínicos. Debido a la gran variedad de deportes que existen, cada deporte deberá ser estudiado en particular. (Celer, s.f.).

### **2.2.2.2. Uniformidad en la iluminación**

La uniformidad de la iluminación en un entorno es vital para que todo sea perfectamente visible en la estancia. Al referirse a la uniformidad lumínica de un área, es el área de trabajo en la que se consideran los objetos y el entorno inmediato. Cuando la uniformidad de la luz es muy baja para la iluminación interior o exterior, los atletas, trabajadores o ciudadanos se sentirían incómodos ya que su visión se vería afectada. (Tech, s.f.).

#### **2.2.2.3. Uniformidad de la luz en piscinas**

La uniformidad de la luz en piscinas se refiere a la distribución equitativa y consistente de la iluminación en toda el área de la piscina. En otras palabras, significa que la luz está distribuida de manera uniforme en todas las áreas de la piscina, evitando zonas de sombra o áreas excesivamente iluminadas.

La uniformidad de la luz es importante en las piscinas por varias razones:

- Una iluminación uniforme ayuda a garantizar que los nadadores puedan ver claramente en todas las áreas de la piscina, lo que reduce el riesgo de accidentes, creando así un ambiente seguro.
- Una iluminación uniforme puede mejorar la apariencia general de la piscina, creando un ambiente atractivo y estéticamente útil.
- En instalaciones deportivas o de competición, la iluminación uniforme es fundamental para garantizar condiciones iguales para los nadadores en todas las partes de la piscina.

Para lograr una uniformidad adecuada en la iluminación de la piscina, se utilizan diversos tipos de luminarias y se planifica cuidadosamente su elección, ubicación y distribución en el área de la piscina.

#### **2.2.2.4. El deslumbramiento**

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad de diferenciar objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución de la iluminación, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio, y este puede ser “directo” o “indirecto”. (BUYLED, 2023)

“En general, el deslumbramiento molesto se reducirá con el aumento de la altura de montaje. Elegir bien los proyectores y tener especial cuidado al apuntarlos también puede ayudar a mantener el deslumbramiento al mínimo. A veces, cuando el deslumbramiento es crítico, se deben colocar celosías especiales a las luminarias”. (Huanca, 2017)

El deslumbramiento en piscinas deportivas se refiere al efecto deslumbrante causado por una iluminación inadecuada o mal diseñada en este entorno específico. Este fenómeno puede ser especialmente problemático en piscinas donde se llevan a cabo actividades deportivas o competiciones, ya que puede afectar la visibilidad de los nadadores y comprometer su rendimiento.

El deslumbramiento puede ocurrir debido a varios factores, incluyendo:

- **Fuentes de luz mal ubicadas:** Si las luces están colocadas de manera incorrecta o si su posición no se ha tenido en cuenta en el diseño de la instalación, pueden emitir luz directamente hacia los ojos de los nadadores, lo que resulta en deslumbramiento.
- **Reflexiones en el agua:** La superficie del agua puede actuar como un espejo, reflejando la luz de las luminarias y creando un brillo intenso que puede ser deslumbrante para los nadadores.
- **Contraste de luminosidad:** Si hay una gran diferencia de luminosidad entre áreas iluminadas y áreas en sombra en la piscina, puede causar un efecto deslumbrante al cambiar rápidamente entre áreas de alta y baja luminosidad.

Para minimizar el deslumbramiento en piscinas deportivas, se pueden tomar varias medidas, como:

- Utilizar luminarias que minimicen el deslumbramiento.
- Implementar un diseño de iluminación que distribuya la luz de manera uniforme y evite la concentración de luminosidad en áreas específicas.
- Controlar la intensidad de la luz y ajustarla según sea necesario para evitar niveles excesivos de luminosidad.
- Utilizar accesorios o pantallas para dirigir la luz de manera más eficaz y evitar el deslumbramiento directo hacia los nadadores.

### 2.2.3. Factor de mantenimiento

El Factor de Mantenimiento es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un período determinado de uso de una instalación. Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento con el fin de asegurar los niveles de iluminancia promedio requeridos, (mendoza, 2017) para asegurar que se mantenga la iluminancia necesaria durante un cierto

período de tiempo. El plan de mantenimiento indica la periodicidad de la limpieza de las luminarias y del local, así como la del cambio de lámparas. Quiere decir que el valor de mantenimiento de la iluminancia depende de las luminarias, lámparas y de las condiciones del local.

El factor de mantenimiento de luminaria tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia de no contar con una limpieza correspondiente.

#### **2.2.4. Normativas de iluminación para piscinas**

##### **2.2.4.1. Normas para instalaciones deportivas**

Las normas para la iluminación de instalaciones deportivas son conjuntos de directrices y regulaciones que establecen los requisitos mínimos de iluminación para garantizar condiciones adecuadas y seguras durante la práctica de actividades deportivas. Estas normas son desarrolladas por organizaciones nacionales e internacionales, con el objetivo de promover la seguridad, el rendimiento y la equidad en la práctica deportiva. Las normas para la iluminación de instalaciones deportivas suelen abordar aspectos como la intensidad, uniformidad, distribución de la luz, deslumbramiento y calidad del color. Estas normativas pueden variar según el tipo de deporte, el nivel de competición y las características específicas de la instalación deportiva.

##### **2.2.4.2. Normativa americana para la iluminación de piscinas**

###### **2.2.4.2.1. Normativa de la Fédération Internationale of Natation (FINA)**

Las Normativas propuestas por la "Fédération Internationale of Natation" (FINA), son las de cumplimiento obligatorio para cualquier tipo de evento de natación a realizarse internacionalmente. Esta normativa contiene varias Reglas de Instalaciones, en varias especialidades dentro de esta disciplina.

Según el texto oficial de “FINA” sobre especificaciones de edificaciones (Fédération Internationale of Natation, 2017), para piscinas de nado, en la sección FR 2 Swimming Pool de mencionado libro, en el acápite de iluminación (FR 2.13

Lighting), indica que la intensidad de luz sobre las plataformas de partida y extremo de giro o final no tiene que ser menos de 600 lux.

Pero en el caso de piscinas para Juegos Olímpicos y Campeonatos Mundiales (FR 3 Swimming Pools for Olympic Games and World Championships), en el acápite de iluminación (FR 3.14 Lighting), indica que la intensidad de luz sobre toda la piscina no tiene que ser menor a 1.500 lux. (Fuente: D. Erika Mejía Alanez. Pag.20).

#### **2.2.4.3. Normativa europea para la iluminación de piscinas**

Haciendo una revisión en varios países, tomemos los casos específicos de España (como miembro de la Comunidad Europea) y de Inglaterra.

En el caso de España, la norma UNE-EN 121937 y más específicamente el reglamento "Legislación y Documentos Técnicos de Referencia en Instalaciones Deportivas", documento elaborado por el Consejo Superior de Deportes, menciona los mismos niveles de iluminación para diferentes competencias en agua:

**Tabla 2.1.** Recomendación de acuerdo al tipo de competición

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN NATACIÓN (INTERIOR, EXTERIOR)		
Tipo de competición	Iluminancia horizontal	
	E med (Lux)	Uniformidad E min/E med
Competiciones internacionales	1.500	0.7
Competiciones nacionales, regionales y entrenamiento a alto nivel	500	0.7
Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	300	0.5

Fuente: (España, 2010)

Estos valores también son utilizados por el Consejo Superior de Deportes, dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de España, en el acápite referente a Normas Reglamentarias de Piscinas (NIDE 2005).

La normativa inglesa (Architects, 2013) dentro de las condiciones mínimas de iluminación que tiene que cumplir una instalación deportiva, en este caso una piscina de competición, indica lo siguiente; Niveles de Iluminación Artificial (Artificial Lighting Levels): 300 lux para la mayoría de las actividades, 500 lux para

competencias. Para eventos Internacionales se requiere mayores niveles; según Norma FINA: 600 lux a los extremos de la piscina Olimpiadas y 1500 lux sobre toda la piscina.

#### **2.2.4.3.1. Norma UNE-EN 12193:2000 de iluminación deportiva**

Esta norma establece los criterios de iluminación de espacios deportivos tanto al exterior como al interior, para los acontecimientos deportivos más practicados en Europa, dándose los valores de iluminación para diseño y control de instalaciones de iluminación en términos de iluminancias, uniformidad, limitación de brillos y propiedades de color de las fuentes luminosas (luminarias). Se establecen clases de iluminación según los niveles de competición deportiva que se fijan en Internacional y Nacional / Regional / Local / Entrenamiento, Recreativo y Escolar.

**Tabla 2.2. Niveles de iluminación UNE-EN 12193**

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN PISCINAS POLIVALENTES (INTERIOR, EXTERIOR)		
Nivel de competición	Iluminación horizontal	
	E med (Lux)	Uniformidad E min/E med
Competencias locales y regionales	500	0.7
Entrenamiento, uso escolar y recreacional	300	0.5

Fuente: D. Erika Mejía Alanez.

#### **2.2.4.3.2. Normas UNE-EN instalaciones para espectadores**

Su objeto es normalizar el diseño arquitectónico y los requisitos de utilización de instalaciones de espectadores para deportes y lugares de reunión de múltiples objetos, tanto en interior como en exterior. Todo ello en orden a asegurar la seguridad, el confort y la visibilidad de los espectadores. Para el confort visual de los espectadores, el nivel de alumbrado debe ser una media de al menos 10 lx para área de asientos y 20 lx para áreas con superficies escalonadas o inclinadas. (Fuente: UNE, iluminación para espectadores, pág. 20).

#### **2.2.4.4. Normativa boliviana para la iluminación de piscinas**

##### **2.2.4.4.1. Norma boliviana NB777 (IBNORCA, 2007)**

La Norma Boliviana NB 777, Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas Interiores en Baja Tensión (IBNORCA, 2007), en el capítulo 16 "Instalaciones para Usos Específicos" en el acápite 16.1 "Instalaciones en Piscinas" hace mención de la clasificación de zonas en piscinas, hablando de las condiciones pertinentes sobre canalizaciones, cajas de conexión, luminarias y como último punto, aparcamiento y otros equipos. En el punto específico de Luminarias, tan solo se hace mención a las condiciones constructivas y técnicas que tienen que cumplirse para la instalación de luminarias dentro de la piscina (luminarias sumergidas en agua), mas no habla del nivel de iluminación que se tiene que tener en el ambiente ni mucho menos en el aspecto de un ambiente propicio para competencias deportivas. En el Anexo B (Normativo) Niveles de Iluminación, solo se hace mención a piscinas en el Tipo de Edificio: Escuelas, dándose los siguientes valores:

- Iluminación General 300 Lux (Fuente IBNORCA 2007).

#### **2.2.5. Tipos de luminarias que se utilizan para la iluminación en piscinas**

##### **2.2.5.1. Reflectores de Sodio de Alta Presión (HPS)**

Son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio. El color de la luz que producen es amarillo brillante. Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión son las más avanzadas. Las radiaciones emitidas por estas lámparas representan un espectro de emisión con bandas más anchas. Se mejoran las características de las lámparas, pero la eficacia lumínosa y la reproducción cromática siguen siendo el punto débil de estas lámparas. El tubo de descarga llega a alcanzar temperaturas de 1000°C. (EFIMARKET, efimarket.com, 2018)

#### **2.2.5.1.1. Partes de una luminaria**

**Tubo de descarga:** Es de menor tamaño y cilíndrico. El material es cerámico, a base de óxido de aluminio sinterizado, translúcido y con un pequeño contenido de óxido de magnesio que reduce el tamaño del cristal de aluminio. A pesar de ser translúcido, la transmisión de la radiación visible llega a alcanzar el 90%.

En los dos extremos tiene dos discos de aluminio o niobio que cierran el tubo.

Igual que las lámparas de baja presión tiene dos electrodos de una aleación de tungsteno y titanio recubiertos por una sustancia que favorece la emisión de electrones.

El interior del tubo está lleno de sodio, una mezcla de gas xenón para facilitar el arranque y vapor de mercurio que protege a los electrodos amortiguando la movilidad de los electrones.

La mezcla de todos estos gases reduce la longitud necesaria del arco, por lo que disminuye el tamaño de la lámpara.

#### **2.2.5.1.2. Mantenimiento preventivo del reflector de sodio**

Debe ser realizada tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Inspección visual regular, para verificar que la lámpara de sodio no presente daños visibles, como grietas o decoloración. La decoloración puede indicar que la lámpara está llegando al final de su vida útil.
- Limpieza de los reflectores, para garantizar la máxima transmisión de luz. Si está muy sucio, se debe usar una mezcla de agua y detergente suave, para luego secarlo con un paño limpio.
- Reemplazo de lámparas, al final de su vida útil, incluso si aún funciona, para evitar fallas inesperadas.
- Revisión del sistema eléctrico, revisión de sellos y juntas.

#### 2.2.5.1.3. Características

- Potencia: 50 – 10.000 W.
- Flujo luminoso (lm): 3.500 – 130.000
- Color de la luz: amarillo dorado
- IRC: 25
- Temperatura de color (K): 2.300
- Vida útil (h): 15.000 (EFIMARKET, efimarket.com, 2017)

#### 2.2.5.2. Reflectores de haluro metálico

Las lámparas de halogenuros metálicos es otra variedad de las lámparas de vapor de mercurio. En el interior del tubo de descarga se añaden aditivos metálicos para potenciar determinadas zonas de espectro visible de modo que aumenta su rendimiento, tanto luminoso como de color. La composición espectral de estas lámparas es muy completa y se puede adaptar a las necesidades del usuario porque depende de la composición de los metales añadidos. Está compuesto por:

- **Tubo de descarga:** Es un tubo de cristal de cuarzo o cerámico. En el interior lleva dos electrodos principales de tungsteno, en este caso no necesita electrodo de arranque. Está lleno de una mezcla de gases de relleno como el argón-neón, de la dosis necesaria de mercurio y además se le añade el halogenuro que variará en función del tipo de lámpara.
- **El quemador de cuarzo:** Provoca una distorsión de color debido a los cambios de forma del cuarzo durante su proceso de fabricación. Existe migración del sodio a través del cuarzo que provoca un cambio en el color de la luz por la pérdida del componente rojo que proporciona el sodio, como consecuencia, al final de la vida útil de la lámpara el color que produce es más azulado. Además, las partículas de sodio se depositan en el interior de la ampolla y provocan ennegrecimiento.
- **El quemador cerámico:** Tiene mayor estabilidad de color durante el periodo de vida, no existe migración de sodio, igualdad en el color de las lámparas, tiene mayor resistencia a la temperatura en el interior del tubo de descarga, mejor reproducción cromática, mejor rendimiento del conjunto lámpara - luminaria y equipo auxiliar.

- **Ampolla exterior:** Puede ser de cuarzo o de vidrio duro. Está rellena de un gas inerte, normalmente neón o nitrógeno, su función consiste en aislar el tubo del exterior para que la distribución de temperaturas sea homogénea.
- **Casquillo:** Varían en función del tipo de lámpara.

Las lámparas de halogenuros metálicos, requieren una tensión de encendido muy elevada. Para conseguirla, es necesario conectar un arrancador, condensador y balasto en serie con el tubo para su funcionamiento. El tiempo necesario para alcanzar las condiciones de régimen está entre los 3-5 minutos. (Chinen, 2013)

#### **2.2.5.2.1. Mantenimiento preventivo del reflector de haluro metálico:**

Verifica que la lámpara de haluro metálico no presente daños visibles, como grietas en el tubo de cuarzo o decoloración. Al reemplazar la lámpara, utiliza guantes para evitar que la grasa de las manos toque el cristal, lo cual podría afectar el rendimiento y la vida útil de la lámpara.

Verificar que el reflector esté apagado y desconectado de la fuente de alimentación antes de comenzar la limpieza.

Inspección de ingreso de agua, comprobación de conexiones y cableado, gestión térmica, inspección profesional.

#### **2.2.5.2.2. Características:**

- Potencia 250 W, 400 W, 1000 W, 2000 W
- Flujo luminoso 20.00 lm (250 W), 35.000 lm (400 W), 110.000 (1000 W), 200.000 lm (2000 W).
- Eficiencia luminosa 80 lm/W (250 W), 88 lm/W (400 W), 104 lm/W (1000 W), 102 lm/W (2000 W).
- Temperatura de color 5250 °K
- Vida útil media 15.000 hr (250 y 400 W), 9000 hr (1000 y 2000 W) (Leon, 2020)

### **2.2.5.3. Reflectores LED**

Los reflectores LED son dispositivos utilizados para la iluminación de grandes espacios y para resaltar o destacar elementos específicos en un lugar determinado, lo que los hace excelentes opciones tanto para dar una luz con amplitud, como para aportar en la decoración, ofreciendo una luz dirigida para captar la atención hacia donde desea el usuario.

Los reflectores LED han sido construidos en un rango de potencia de 10 a 100 W. Teniendo en cuenta que consumen entre un 50 y un 80% menos de energía eléctrica que los halógenos, fácilmente un reflector LED de 100 W puede reemplazar a los halógenos de 500W. Además, los modelos más costosos tienen una vida útil de hasta 50,000 horas.

Estos equipos pueden ofrecer una luz brillante o tenue, dependiendo de la intensidad que se requiera y que sea cómoda para las personas que utilicen los espacios que el reflector ilumine. (Lamparas, 2024)

#### **2.2.5.3.1. Mantenimiento preventivo del reflector LED:**

Para un correcto mantenimiento se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Inspeccionar la carcasa del reflector LED en busca de daños físicos, como grietas, abolladuras o signos de corrosión.
- Verificar que todos los diodos LED estén funcionando correctamente. En el caso de que algunos diodos están apagados o parpadeando, puede ser indicativo de un problema con el módulo LED o el controlador.
- Limpiar de forma periódica, apagando y desconectando el reflector de la fuente de alimentación para evitar riesgos eléctricos.
- Inspeccionar el ingreso de agua, así como comprobar conexiones y cableado.

#### **2.2.5.3.2. Características:**

- Diseñadas para trabajar con voltaje de 200-240 V
- Factor de potencia mínimo igual a 0.99;

- Eficiencia lumínica (lúmenes / watts) mayor a 100.
- Encendido y re encendido inmediato sin parpadeo a un mínimo del 80% del máximo de potencia.
- IRC (Índice de reproducción cromática) >70.
- Temperatura de color 4000- 4500 °K.
- Funcionamiento sin fallas de todos sus componentes mínima por 50000 hr. de funcionamiento.
- Disminución del flujo luminoso menor al 10% a las 20000 hr. De funcionamiento y menor al 20 % a las 50000 hr. de funcionamiento.
- IP (índice de protección) = 65.
- Rango de temperaturas de trabajo de -5 °C a + 40 °C. (A.P, 2019).

## 2.2.6. Estructuras donde se instalan las luminarias

Los reflectores para la iluminación de piscinas deportivas se instalan en diversas estructuras que aseguran una distribución adecuada y uniforme de la luz. Estas estructuras están diseñadas para minimizar el deslumbramiento y las sombras, proporcionando así una visibilidad óptima tanto para los nadadores y espectadores. A continuación, se describen las estructuras más comunes donde se instalan reflectores en piscinas deportivas:

### ➤ Techos y cubiertas

**Montaje en techo:** En instalaciones cubiertas, los reflectores se montan directamente en el techo. Esta disposición es común en piscinas interiores, donde la altura del techo permite una distribución uniforme de la luz sobre la superficie del agua.

**Estructuras Suspendidas:** En algunos casos, se utilizan estructuras suspendidas desde el techo, como barras transversales o soportes, para instalar los reflectores. Esto ayuda a posicionar las luces en ángulos específicos para minimizar sombras y deslumbramiento.

### ➤ Torres de iluminación

**Torres Altas:** En piscinas al aire libre, los reflectores a menudo se montan en torres de iluminación altas situadas alrededor del perímetro de la piscina.

Estas torres pueden tener una altura considerable para asegurar que la luz se distribuya de manera uniforme sobre toda la superficie del agua.

**Mástiles Telescópicos:** Algunas instalaciones utilizan mástiles telescópicos que pueden ajustarse en altura para cambiar la dirección y el alcance de la iluminación según sea necesario.

➤ **Estructuras perimetrales**

**Paredes y Columnas:** Los reflectores también se pueden instalar en las paredes o columnas que rodean la piscina. Esto es más común en piscinas interiores donde las paredes cercanas ofrecen una superficie estable para el montaje.

**Factores a Considerar:**

- **Altura y Ángulo:** La altura y el ángulo de instalación son cruciales para asegurar que la luz se distribuya uniformemente y se minimicen las sombras.
- **Accesibilidad para Mantenimiento:** Las estructuras deben permitir un fácil acceso para el mantenimiento y la sustitución de los reflectores.
- **Resistencia a la Humedad y Corrosión:** Dado que las piscinas son ambientes húmedos, los reflectores y las estructuras de montaje deben ser resistentes a la humedad y a la corrosión.

**2.2.6.1. Altura de torres deportivas**

La instalación de una torre de iluminación requiere una cuidadosa planificación y consideraciones para garantizar su funcionamiento óptimo y seguro. En el caso de la piscina municipal Simón Bolívar de Sucre se considera la utilización de torres de iluminación de acuerdo a los aspectos técnicos y de superficie, por lo tanto, entre las consideraciones principales a tomar en cuenta se incluyen:

- Se debe elegir un lugar estable y nivelado que pueda soportar el peso de la torre y el equipo asociado. Se debe considerar la distancia a otras estructuras y obstáculos para garantizar una iluminación efectiva y segura.
- Es importante asegurar un acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de la torre. Además, se deben implementar medidas de

- seguridad, como barandas, escaleras seguras y señalización apropiada para prevenir accidentes.
- Se debe garantizar la disponibilidad de una fuente de energía confiable en el sitio para alimentar la torre de iluminación.
  - La torre de iluminación debe ser lo suficientemente estable y resistente como para soportar vientos fuertes, lluvias intensas y otras condiciones climáticas.
  - Se debe planificar el mantenimiento preventivo de las torres para regular y garantizar su funcionamiento continuo y prolongar su vida útil.
  - Se deben implementar medidas de seguridad adicionales, como cerraduras y sistemas de vigilancia, para proteger la torre de iluminación contra robos, vandalismo o daños accidentales. (Rent, 2019)

#### **2.2.6.2. Torres de iluminación**

En primer lugar, la dispersión de la luz juega un papel crucial en la eficacia de la iluminación de la piscina. Las torres están diseñadas para distribuir uniformemente la luz sobre la superficie del agua, evitando zonas de sombra y garantizando una visibilidad adecuada en toda el área de la piscina. Esto se logra mediante la colocación estratégica de los reflectores de luz y el diseño para maximizar la dispersión. Además, se consideran los principios de refracción y reflexión al diseñar las torres de iluminación. La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio a otro, como del aire al agua, lo que puede alterar la dirección de los rayos luminosos. Por lo tanto, los materiales y la forma de los componentes ópticos se seleccionan para minimizar la pérdida de luz debido a la refracción.

La reflexión interna total también es un fenómeno importante a tener en cuenta. Algunas partes de la torre, como los reflectores y las superficies internas de los componentes ópticos, están diseñados para reflejar la luz de manera eficiente hacia la piscina. Esto ayuda a maximizar la cantidad de luz que llega al agua y reduce la necesidad de una potencia lumínica excesiva.

Asimismo, se aplican principios de seguridad eléctrica en el diseño de las torres para garantizar un funcionamiento confiable y proteger a los usuarios de posibles riesgos de descarga eléctrica. Esto implica el uso de materiales aislantes

adecuados, sistemas de conexión seguros y cumplimiento de normativas de seguridad eléctrica pertinentes. (ODS, s.f.)

### **2.2.7. Software Dialux**

Dialux permite el diseño de la iluminación de cualquier edificación o proyecto de construcción. Además, utiliza imágenes en múltiples formatos y recursos de la web para desarrollar un plan de iluminación propio.

Asimismo, facilita la creación de toda la documentación necesaria para la presentación de nuestro proyecto de iluminación, volviéndola clara y comprensible para el cliente o el usuario no avanzado.

#### **2.2.7.1. Características del software Dialux**

Dialux presenta una serie de funcionalidades que lo hacen especialmente versátil a la hora de proyectar sistemas de iluminación. A continuación, mencionaremos las principales:

- **Zonas interiores:** La herramienta sirve para estructurar toda la planificación lumínica de un proyecto de arquitectura complejo. Podemos proyectar desde varias plantas hasta habitaciones individuales, identificando si existen puntos oscuros o con demasiada luz.
- **Zonas al aire libre:** Este software también sirve para diseñar zonas que estarán al aire libre. Podemos proyectar áreas verdes, por ejemplo, senderos, plazas, estacionamientos o carreteras, entre otras.
- **Sistema para exterior:** A través de este sistema podemos ver cómo afecta la iluminación interior al exterior y cómo repercute esto en la planificación general de nuestro proyecto. De esta manera, apreciaremos variaciones de iluminación en las diferentes zonas que interactúan con zonas interiores y exteriores.
- **Distribución de luz:** La herramienta obtiene toda la información sobre la distribución de la luz y la presenta mediante gráficos y proyecciones fotográficas en una gran variedad de colores. Así se puede analizar cada una de las proyecciones que realizamos de manera visual.

- **Normas:** Dialux nos permite planificar nuestro proyecto empleando los requisitos de los estándares actuales. En consecuencia, profesionalizamos nuestro trabajo, aplicando los estándares que el sector de la construcción requiere para una adecuada iluminación de los proyectos. (econova, 2022).

### **2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS**

Una de las necesidades más importantes en este proyecto es el aspecto de la iluminación, teniendo como dato el área de 200 m<sup>2</sup> de la piscina y 630 m<sup>2</sup> el área de espectadores. Se considera un nivel de iluminación de 500 lux en competencia y como mínimo 300 lux para entrenamientos, según normativas internacionales para ambientes deportivos, por lo que son estos los que serán considerados.

Tras una inspección a las instalaciones se pudo observar que cada torre de iluminación cuenta con 4 reflectores de halogenuro, con una potencia de 500 W por reflector, además se pudo conversar con los entrenadores a los cuales se les realizó una breve entrevista y se dio a conocer que el uso de la iluminación es de cuatro horas al día por cinco días a la semana, también se considera usar el 100% de la capacidad de iluminación en competencias y menos del 50% de uso en entrenamientos lo que causa un déficit evidente de luz para los entrenamientos. A su vez se observó que la estructura de las cuatro torres no se encuentra en buenas condiciones presentando un deterioro por los años, además no cuenta con una buena accesibilidad para el mantenimiento de la estructura y las luminarias en situaciones normales y de emergencia. (ANEXO I, J, K)

### **2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

En función al área que tenemos que iluminar se estableció que el tipo de luminaria a seleccionar deberá ser difusa para evitar deslumbramiento o reflexión molestas a los deportistas, que cumplan con grado de protección de resistencia al agua y polvo que sean resistentes y duraderas, que presenten un mejor rendimiento a poco consumo. La mejor elección acorde a la última tecnología disponible a la fecha serán los reflectores tipo LED.

Una vez analizados los niveles de iluminación requeridos para piscinas deportivas, se considerarán los siguientes niveles:

**Tabla 2.3.** Niveles de iluminación para la piscina

Niveles de iluminación piscina			
Área	Iluminación media en servicio (Lux)		
	Mínimo (Entrenamientos)	Recomendado (Entrenamientos y competencia)	Optimo (Competencia)
Piscina	200 - 300	300 - 500	500
Espectadores	100	200	250

Fuente: UNE-EN

En lo que respecta a las estrategias de iluminación, es importante aplicar técnicas y pasos que se vieron analizados anteriormente como cálculos luminotécnicos que serán la base para dimensionar un sistema de iluminación optimo y acorde a las exigencias de las normativas consultadas, para la elección y adecuación de la tecnología de iluminación que se utilizará con el fin de mejorar las mismas en aspecto de rendimiento y eficiencia, a su vez es importante reconocer su papel tanto en la seguridad como en la estética de la piscina. Una iluminación adecuada no solo permite el uso seguro de la instalación durante las horas nocturnas, sino que también realza su apariencia y crea un ambiente atractivo para el público interesado en este deporte.

El diseño estructural de la piscina debe contemplar una serie de consideraciones técnicas para garantizar su estabilidad, durabilidad, seguridad y mayor comodidad al momento de efectuar los mantenimientos. Esto implica la selección adecuada de materiales resistentes a la corrosión debido a la exposición a lluvias y humedad. Así mismo, se deben tener en cuenta las cargas estáticas y dinámicas a las que estará expuesta la estructura, así como la necesidad de cumplir con los estándares y regulaciones de construcción pertinentes para determinar la mejor ubicación y orientación de la estructura.

En este sentido, gracias al nuevo diseño de la torre que contará con un habitáculo, se podrá colocar estratégicamente los reflectores LED brindando así un mejor soporte para una correcta distribución lumínica en la piscina que proporcionará una iluminación uniforme y evitará áreas oscuras, además facilitará el mantenimiento y limpieza de las mismas gracias a las escaleras que permitirán un fácil acceso.  
(ANEXO B, C, D)

## **2.4.1. Iluminación actual, iluminación propuesta**

Los proyectores se utilizan principalmente para iluminar instalaciones comerciales amplias, tanto abiertas como cerradas, como almacenes, astilleros y estadios o centros deportivos.

Antes de la disponibilidad generalizada de la tecnología LED, a menudo se empleaban proyectores halógenos, que aunque eran fuertes y producían la iluminación necesaria, tenían una serie de problemas de seguridad y con el tiempo eran costosos. La progresiva disminución de la dependencia de las personas hacia ellos se puede atribuir en gran parte a los proyectores LED.

### **2.4.1.1. Tecnología halógena**

La lámpara halógena es un tipo de lámpara incandescente formada por un filamento de tungsteno que se encuentra dentro de un gas inerte con una pequeña cantidad de halógeno como bromo o yodo. Emite una luz clara y nítida capaz de resaltar aquellas partes del área que queramos.

#### **a) Ventajas de la luz halógena**

Entre las principales ventajas de la luz halógena se encuentran:

- **Mayor vida útil:** Tienen una vida útil mayor que otras, según su cuidado.
- **Sin pérdida de intensidad:** Se trata de un tipo de luz que no pierde intensidad con las horas de trabajo.
- **Menor potencia:** Utilizando menos potencia son capaces de emitir un 30% de luz más blanca y brillante que las incandescentes.

#### **b) Desventajas de la luz halógena**

Entre las principales desventajas de la luz halógena se encuentran:

- **Desprende calor:** Las luces halógenas desprenden calor.
- **Instalación:** Este tipo de lámparas necesita una instalación específica.
- **Emiten rayos ultravioletas:** La luz halógena emite radiaciones ultravioletas.

- **Desvitrificación:** Reacción que ocurre en la lámpara halógena al tocarla con las manos provocando que el filamento se funda. (Desventajas, 2023).

#### **2.4.1.2. Tecnología LED**

La tecnología LED, en reflectores, consume poca energía con un alto rendimiento durante muchas horas de vida útil, y conservan la pureza de la emisión del color por mucho más tiempo. Además, se fabrican usualmente en material de aluminio liviano, que evita la corrosión y tiene mayor resistencia a los climas extremos.

##### **a) Ventajas de los reflectores LED**

- **Eficiencia energética:** Las luces LED consumen mucha menos energía que las luces tradicionales. Aportan la misma intensidad de iluminación usando 5-8 veces menos energía que las bombillas incandescentes.
- **Eficiencia de entrega óptica:** Los LED permiten una entrega de luz efectiva. Por lo tanto, la eficiencia óptica de los sistemas de iluminación LED bien diseñados puede alcanzar más del 90 %.
- **Económico:** Las luces LED consumen menos energía dando como resultado un ahorro de electricidad. Además, no se rompen fácilmente teniendo mayor durabilidad.
- **Uniformidad de iluminación:** Crean una iluminación uniforme que contribuye a un alto confort visual y permite flexibilidad en el desempeño de las tareas.
- **Vida útil:** Uno de los beneficios más importantes de la iluminación LED es que tiene el ciclo de vida más largo. Un LED estándar tiene una vida útil de 50,000 horas.
- **Fácil mantenimiento:** Las luces LED no requieren un reemplazo frecuente y no es necesario un mantenimiento regular.

### b) Desventajas reflectores LED

- **Extremadamente sensible al voltaje:** Los LED son sensibles a entradas de voltaje. Y obtener un voltaje ligeramente incorrecto en un sistema basado en LED es un problema mayor para el LED.
- **Costoso:** En términos de precios, el halógeno es la categoría de iluminación más barata. Pero las luces LED tienen una tecnología avanzada que las hace más eficientes y costosas. (Martin, 2022).

#### 2.4.2. Estrategias de Iluminación:

La iluminación adecuada de la piscina no solo cumple el rol de iluminar durante la noche, sino que también añade un componente estético importante al espacio. Algunas consideraciones incluyen:

- La iluminación debe ser la adecuada de acuerdo al análisis, como para garantizar la seguridad de los deportistas durante la noche, evitando áreas oscuras que puedan representar riesgos de tropiezos o accidentes.
- La iluminación también puede utilizarse para crear un ambiente atractivo y acogedor para los espectadores alrededor de la piscina, generando mayor demanda y retorno de recursos con el proyecto.
- Es importante seleccionar tecnologías de iluminación energéticamente eficientes, como luces LED, para minimizar el consumo de energía.
- Para reducir el deslumbramiento y proporcionar una distribución adecuada de la iluminación se considera un aumento de la altura del montaje.

### 2.5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

#### 2.5.1. Determinación de parámetros de diseño

##### 2.5.1.1. Diseño de iluminación

Para realizar las consideraciones de diseño para la iluminación se considerarán los siguientes aspectos:

### **a) Dimensiones del campo deportivo**

El área de proyección tendrá una superficie total =  $630\ m^2$ , con un ancho de  $a = 30\ m$ , largo  $b = 42\ m$  y altura de montaje  $H = 15\ m$ .

Se dividirá la superficie total en 4 partes iguales, cada superficie individual específicamente para cada torre de iluminación.

Siendo entonces la superficie por torre igual a:

$a = 15\ m$ .  $b = 21\ m$ .  $H = 15\ m$ .

Superficie total por sección=  $157.5\ m^2$ .

### **b) Nivel de iluminancia media (Em)**

Este valor depende del tipo de actividad que se va realizar en el local.

En este caso la piscina municipal Simón Bolívar es utilizada con el fin recreativo y aprendizaje o enseñanza de atletas nuevos para una futura preparación profesional.

Por lo que los niveles de iluminación recomendados según normativa serán

- 500 lux en eventos de competencia.
- 300 lux en entrenamientos.

#### **2.5.1.1.1. Determinación del tipo de luminaria**

Para evitar el deslumbramiento de las mismas o una reflexión molesta se determinó el uso de luminarias led de tipo difusas de alto rendimiento lumínico y de bajo consumo. Se eligió el catálogo de la marca philips de una marca muy comercial a nivel mundial, a su vez es compatible con el software de simulación que se utilizará.

La luminaria a escoger será:

Philips – BVP651 T25 1 xLED800-4S/740 S.

Potencia 540 W.

Se considerará 6 reflectores por poste en 2 filas, teniendo un total de 24 reflectores respectivamente para alcanzar los niveles de iluminación requeridos. (ANEXO D)

#### 2.5.1.1.2. Determinación del número de luminarias

Teniendo el cálculo del flujo luminoso total requerido y conociendo el flujo luminoso emitido por el tipo de lámparas seleccionadas, se procede a calcular el número de luminarias requeridas para proveer este flujo, utilizando la siguiente ecuación:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} \quad \text{Ec. 2.2.}$$

Donde:

NL = número de luminarias

$\Phi_T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

La finalidad de este método es calcular el valor medio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general.

Se deberá considerar una distribución adecuada y óptima para los ambientes de exterior. (Castilla, Blanca, Martínez, & Pastor, 2011).

#### 2.5.1.1.3. Determinación del factor de utilización del haz (*fu*)

Para determinar el número de proyectores necesarios para traducir un determinado nivel de iluminación en una situación dada, es preciso conocer el número de lúmenes del haz del proyector y el porcentaje de los mismos que incide sobre la zona a iluminar. Los primeros se obtienen de los catálogos de los fabricantes.

El factor de utilización del haz para cualquier proyector individual depende de su emplazamiento, del punto al que se enfoca y de la distribución de luz dentro del haz. En general, puede decirse que el *fu* medio de todos los proyectores de una instalación debe estar comprendido entre 0,6 y 0,9. Si el número de lúmenes del haz utilizados fuese inferior al 60%, es señal de que se puede encontrar un plan de alumbrado más económico con emplazamientos diferentes o utilizando proyectores

de haz más estrecho. Por otro lado, si él  $f_u$  es superior a 0,9, es probable que el haz seleccionado sea demasiado estrecho, y la iluminación resultante resulte muy concentrada. La determinación precisa del valor del  $f_u$  solo es posible después de haber seleccionado los puntos a los que ha de dirigirse la luz. Sin embargo, se puede estimar un  $f_u$  por experiencia o haciendo el cálculo para diversos puntos posibles de visión y tomando el valor promedio así obtenido.

A continuación, se tienen recomendaciones para la determinación de factores de utilización en sistemas de iluminación por proyección expuesto en la Catedra ELT-278 por el Ing. Mario Guzmán.

- Si la mitad o más de la mitad de un conjunto de proyectores está focalizado de modo que todos sus lúmenes caen en el área a ser iluminada  $f_u$  puede ser 0,75.
- Si desde un cuarto a un medio de un conjunto de proyectores está focalizado de modo que todos sus lúmenes caen en el área a ser iluminada  $f_u$  puede ser 0,6.
- Si menos de un cuarto de un conjunto de proyectores está dirigido de modo que sus lúmenes caen el área a ser iluminada  $f_u$  puede ser 0,40.
- En los casos de iluminación de fachadas de edificios, arboles, campanario, monumentos o edificaciones similares  $f_u$  puede ser 0,25.

#### **2.5.1.1.4. Determinación de la altura a la que se va a colocar las luminarias**

Se determinó la utilización de una torre de iluminación para evitar los problemas de deslumbramiento, reflexión y refracción de la luz, al estar a una altura adecuada las luminarias no producirán estos errores ya mencionados.

La altura de suspensión de las luminarias para locales de altura normal será aquella que resulte de colocar las luminarias lo más alto posible:

**Tabla 2.4.** Determinación de altura de luminaria

<b>Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Optimo</b>
	$h = \frac{2}{3} * (H - h')$	$h = \frac{4}{5} * (H - h')$

Fuente: Luminotecnia, método lúmenes

$$\text{Optimo: } h = \frac{4}{5} * (16 - 0.85) = 12.12 \text{ m.}$$

Donde:

$d'$  = altura entre el plano de las luminarias y el techo.

$h$  = altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias.

$h'$  = altura del plano de trabajo al suelo.

$H$  = altura del local

Se determina oportuno considerar 16 m de altura del local debido que es un ambiente exterior, con un factor de 0.85 de altura de plano de trabajo.

Dando como resultado 12.12 m, se considera una altura de 13 m o mayor para el diseño, de acuerdo a las medidas del catálogo comercial de postes.

#### 2.5.1.1.5. Distribución de luminarias

Se vera la mejor forma y la adecuada distribución posible en el programa de simulación Dialux, ya que la superficie es irregular debido a las graderías.



Figura 2.1: Distribución de luminarias DiaLux  
Fuente: Propia

### **2.5.1.2. Consideraciones para el diseño estructural**

El diseño estructural de la piscina debe ser meticulosamente planificado para garantizar su funcionalidad y seguridad a largo plazo. Entre las consideraciones más importantes se debe tomar en cuenta:

- Se deben elegir materiales resistentes a la corrosión y duraderos, adecuados para las planificaciones de mantenimiento. Esto incluye acero al carbono, concreto reforzado para la base y revestimientos especiales para resistir la exposición al agua, humedad, vientos y otros aspectos.
- La estructura debe ser capaz de soportar las cargas estáticas y dinámicas a las que estará expuesta, incluyendo el peso del operador de mantenimiento, las condiciones climáticas adversas. Se deben realizar análisis de ingeniería para asegurar su estabilidad ante estas situaciones, como ser el análisis de elementos finitos o pruebas de esfuerzos en simulación.
- Se deben tener en cuenta aspectos de accesibilidad para garantizar que las estructuras sean seguras y accesibles para el personal de mantenimiento.

#### **2.5.1.2.1. Diseño mecánico de poste metálico**

Para realizar el diseño y determinación del poste que sostendrá las luminarias según catálogo comercial en el país, se tomarán en cuenta las siguientes cargas. Cargas permanentes: Considerando el peso específico del acero utilizado en la fabricación del poste con un peso total del poste es 1504 kg.

- **Carga muerta adicional:** La carga muerta adicional está constituida por los soportes de las luminarias y las mismas luminarias. En esta verificación se considerará el caso más desfavorable para el diseño, considerando el peso del bastidor portante de luminarias (90 kg), 6 luminarias (6 kg), el peso de 2 hombres para manipulación y

mantenimiento (160 kg), de esta manera la carga muerta adicional es de 256 kg.

- **Carga de viento:** Al optar por un diseño cilíndrico se tiene una resistencia mínima al viento por lo que se considerara el cálculo con un factor de corrección de viento (0,5).
- **Carga total:** La carga total es la suma de las cargas antes mencionadas

$$Ct = CP + CMA = 1760 \text{ kg}$$

$$Ct = 1760 * (0,5) = 800 \text{ kg}$$

$$Ct = 2640 \text{ kg} = 26 \text{ KN}$$

Donde:

$$CP \text{ (cargas permanentes + carga muerta adicional)} = 1504 + 256 = 1760 \text{ kg}$$

$$CMA \text{ (Carga de viento)} = \text{Factor de corrección (0,5)}$$

$$Ct = (\text{carga total})$$

#### 2.5.1.2.2. Determinación por flexión para el diámetro necesario.

Se usa la fórmula de esfuerzo normal por flexión para saber el diámetro mínimo que se requiere por sección de tubería.

$$\sigma_d = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

$\sigma_d$ : Esfuerzo de diseño

M: momento flexionante

S: modulo elástico de sección

El poste metálico constara con dos secciones debido que en el catálogo comercial no se encontró un poste mayor a 6.7 metros optando por dos postes, por lo tanto, se procederá a determinar el diámetro para las dos secciones.

Se procede a calcular el momento M generado en las secciones.

$$M = P * L$$

Ec. 2.4

Donde: Primera sección

M: momento generado

P: Fuerza (26000 N)

L: distancia (6,7 m)

Donde: Segunda sección

M: momento generado

P: Fuerza (26000 N)

L: distancia (13,4 m)

Obteniendo los resultados calculados para la elección de la tubería a utilizarse en el (ANEXO E).

Se toma en cuenta el diámetro mayor para dar uniformidad al diseño y adoptamos un diámetro comercial de tuberías A53, diámetro D = 10" = 27.3 cm.

Con el esfuerzo cortante calculado podemos decir que el diseño está correcto.

#### **2.5.1.2.3. Determinación de poste metálico**

Este tipo de postes metálicos no se encuentran en el mercado local, teniendo así que recurrir al mercado nacional.

Ya habiendo determinado el diámetro necesario se optó por la elección de una tubería ASTM 53 (acero al carbono) con un diámetro de 10" y una altura de 6.7 metros por sección que se encuentra en catálogos comerciales a nivel nacional. (ANEXO F).

#### **2.5.1.2.4. Determinación de la escaleras y barandilla**

Escoger una escalera de trabajo adecuada es muy importante en cualquier entorno, la seguridad y la eficiencia de los trabajadores dependen en gran medida de seleccionar la escalera adecuada para la tarea a realizar.

La seguridad es primordial, y elegir una escalera que pueda soportar el peso requerido es fundamental. Las escaleras están diseñadas para soportar ciertos límites de carga, y exceder estos límites puede resultar en accidentes graves.

La altura requerida es otro factor crítico que debe ser revisado con detenimiento. Escoger una escalera que pueda alcanzar la altura deseada sin ningún tipo de problema para realizar trabajos de manera efectiva y segura. La elección de la escalera de trabajo perfecta no se limita solo a la escalera en sí, sino también a los accesorios que la acompañan. Estos elementos pueden marcar la diferencia en cuanto a seguridad y eficiencia. En proyectos donde se trabaja a alturas significativas, las barandas de seguridad ofrecen una capa adicional de protección.

La elección del material de una escalera de trabajo es un factor importante a considerar ya que puede tener un impacto significativo en su rendimiento y durabilidad, uno de los materiales más utilizados es el acero. Las escaleras de acero son conocidas por su robustez y durabilidad, son más pesadas que las de aluminio, pero esta característica las hace adecuadas para aplicaciones industriales que requieren una resistencia extrema. Las escaleras de acero son idóneas cuando se prevé un uso intensivo o cuando se necesita soportar cargas pesadas. Además, su construcción de acero las hace altamente resistentes a daños físicos, como impactos y raspaduras. (industriales, 2024)

Por lo tanto, se seleccionará un acero al carbono para las escaleras y la barandilla de seguridad, a su vez se considerará la altura apropiada para el trabajo y la seguridad de los espectadores, con las dimensiones especificadas en el plano diseño. (ANEXO C)

#### **2.5.1.2.5. Determinación de la plataforma del habitáculo**

Según la normativa EN ISO 14122 en el acápite 2 menciona las plataformas de trabajo (superficie a distinto nivel utilizada para el manejo, mantenimiento, inspección, reparación, toma de muestras y otras fases de trabajo).

Las plataformas de trabajo deben diseñarse, construirse, colocarse y, si es necesario, dotarse de protección de manera que los operadores estén seguros cuando acceden a las plataformas de trabajo y permanecen en ellas para el manejo, ajuste, vigilancia, reparación o cualquier otro trabajo.

Además, estas plataformas deben diseñarse y construirse con los materiales adecuados, de manera que resistan las condiciones de uso previstas, se debe considerar: la selección adecuada de componentes para garantizar rigidez y estabilidad, resistencia a los cambios climáticos, ubicación correcta de los elementos de construcción para que no exista una acumulación de agua, evitar los peligros del operador considerando una barandilla de seguridad, un piso antideslizante. (Iso, 2002)

Por lo tanto, se seleccionará un acero al carbono para las planchas de la plataforma del habitáculo y la barandilla de seguridad, de tal forma que sean soldadas para la seguridad de la misma, con las dimensiones especificadas en el plano diseño considerado un espacio adecuado de trabajo. (ANEXO C)

#### **2.5.1.2.6. Determinación de estabilizadores**

Para brindar mayor estabilidad y rigidez a los acoplos se soldarán estabilizadores de dimensiones ( $h = 20 \text{ cm}$  a  $= 20 \text{ cm}$ ) y espesor 1 cm, como se muestra en la figura para hacer de la estructura más segura.

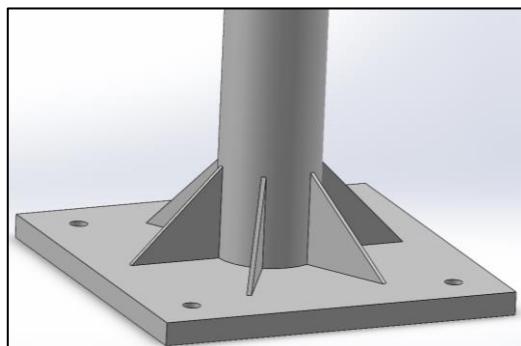


Figura 2.2: Diseño de estabilizadores

Fuente: Propia

#### **2.5.1.2.7. Determinación de la Soldadura**

Se utilizará la soldadura por arco de metal sumergido, la cual se utiliza comúnmente para soldar estructuras de acero. Este tipo de soldadura se utiliza para unir dos piezas de metal para crear estructuras más complejas, brindando así el acople y la rigidez de la estructura.

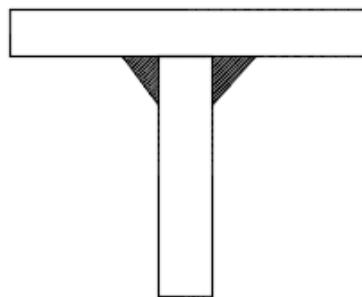


Figura 2.3: Soldadura

Fuente: Propia

#### 2.5.1.2.8. Determinación de anclaje de estructura

Los pernos de anclaje son elementos de fijación que se utilizan para asegurar estructuras y equipos a superficies de concreto o a otros materiales de construcción. Son fundamentales ya que proporcionan estabilidad y resistencia a las estructuras.

Los anclajes preinstalados son aquellos que se colocan antes de fundir el concreto. El tipo de anclaje a utilizar: Tornillo en J o L: anclajes en acero en forma de J o L, también conocidos como anclajes tipo bastón por su forma.



Figura 2.4: Perno de anclaje

Fuente: MIC SAS.

#### **2.5.1.2.9. Determinación del sistema de control**

Para la determinación de un sistema de control, se ve conveniente la elección de un sistema semiautomático utilizando un PLC LOGO y pulsadores, se desarrolló un enfoque basado en el control lógico programable y la interacción humana mediante dispositivos de entrada. El sistema se diseñó para operar de manera semiautomática, donde el PLC LOGO se encarga de procesar las señales de los pulsadores, ejecutando la lógica programada para controlar el encendido de los reflectores en los horarios establecidos.

Este controlador lógico programable actúa como el cerebro del sistema, procesando las entradas recibidas de los pulsadores y ejecutando las salidas correspondientes según la lógica programada. El PLC se configura con un programa que define las condiciones bajo las cuales se activarán las salidas, permitiendo así la operación del sistema.

Por medio de compuertas lógicas se dará las ordenes al PLC, para que posteriormente encienda el primer circuito de iluminación que contara con 12 reflectores que brindan un nivel de iluminación de 300 Lux en toda el área de la piscina cumpliendo con la normativa en cuanto a entrenamientos, y en el control manual se emplearan pulsadores de marcha y pulsadores de parada con contactores normalmente abiertos y normalmente cerrados, los mismos que darán operación al segundo circuito en caso de competencias deportivas, encendiendo los 12 reflectores restantes, dando así un nivel de iluminación de 500 Lux cumpliendo nuevamente con las normativas establecidas. (ANEXO L)

#### **2.5.1.2.10. Determinación del diámetro del conductor**

La elección del diámetro correcto del conductor eléctrico, es un proceso que se debe tomar con mucha importancia para garantizar la seguridad y eficiencia en la instalación eléctrica. Este proceso se basa en varios factores clave, como la capacidad de corriente, la longitud del cable, la caída de tensión.

Los cables que se utilicen deberán reunir dos condiciones para su correcto funcionamiento y eficiencia:

- **Intensidad máxima admisible:** es la cantidad máxima de amperios que puede soportar un cable. Al pasar corriente por un cable se produce el efecto Joule, y si bien el revestimiento del cable es aislante, hay una cantidad de corriente máxima que es capaz de soportar sin que se sobrecaliente en exceso. Esto podría provocar un deterioro del cable e incluso un incendio.
- **Caída de tensión máxima:** La caída de tensión es la diferencia presente entre los extremos de un conductor, en nuestro caso de un cable eléctrico. Al aplicar un determinado voltaje en un extremo del cable, debido a las condiciones físicas del mismo siempre se producirá una caída del voltaje que llegará al otro extremo.

Por norma general se establecen las siguientes recomendaciones en cuanto a los porcentajes de caída recomendados:

Caída de voltaje máxima para el alimentador más circuito ramal: ≤5%.

Caída de voltaje máxima para el circuito alimentador: ≤3% (cable)

Se efectuó una tabla en Excel considerando una serie de cálculos para determinar la selección adecuada del conductor y sus respectivas protecciones. (ANEXO M)

## **2.6. Análisis de costos y viabilidad**

Habiendo evaluado las condiciones actuales de la piscina, incluyendo el estado de la estructura y el sistema de iluminación. Se identificaron mejoras para garantizar una buena iluminación y optimizar la funcionalidad de las estructuras.

En términos económicos, se realizó un análisis de costos para la ejecución del proyecto. Se estimaron los gastos asociados con la adquisición de materiales, contratación de mano de obra especializada y posibles contingencias durante la fase de construcción. (ANEXO G)

Además, se determinó el costo de consumo eléctrico mensual (22 días hábiles) del sistema de iluminación actual y el propuesto. (ANEXO H)

## CAPÍTULO III

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. CONCLUSIONES

- Despues de una exhaustiva investigación de las necesidades y requerimientos específicos de iluminación de la Piscina Municipal Simón Bolívar de Sucre, se han identificado aspectos críticos que han guiado el proceso de rediseño. La evaluación detallada de las condiciones existentes de iluminación, así como la recopilación de opiniones y comentarios de los deportistas y entrenadores, han sido fundamentales para comprender las deficiencias del sistema de iluminación actual y determinar las áreas de mejora necesarias.
- La implementación de tecnologías modernas y eficientes, como sistemas de iluminación LED que se adaptan a las condiciones de la piscina municipal Simón Bolívar, mejoran la calidad de la iluminación, demostrando mayor nivel de eficiencia ante la iluminación actual.
- En cuanto al rediseño de la estructura o torre de iluminación, se consideró todos los parámetros necesarios en cuanto a la resistencia y funcionalidad requerida para las operaciones de mantenimiento, logrando así desarrollar un diseño apto y óptimo que esté en concordancia al ambiente de la piscina.
- Al ser un estudio de investigación aplicada se utilizaron programas de simulación como el Solid Works que permitió simular la estructura y el Dialux que permitió modelar el sistema de iluminación, ambos nos ayudaron a visualizar los resultados propuestos, consiguiendo de manera satisfactoria cumplir los mismos, tomando énfasis en las normas, requerimientos y parámetros que se tuvieron que considerar al momento de realizar este trabajo.
- Finalmente, gracias al análisis de costo y viabilidad se concluyó que la alcaldía podrá financiar este proyecto de impacto en favor a los deportistas,

además el análisis de consumo eléctrico nos dio como resultado una inversión superior a la actual, sin embargo, se demostró mayor eficiencia en cuanto a la iluminación, por tanto, se espera que el proyecto cause mayor impacto a la comunidad interesada, logrando así un retorno de ingresos y generando mayor ganancia a futuro.

### **3.2. RECOMENDACIONES**

- Para un estudio posterior en base a este trabajo se recomienda poder realizar un proyecto en cuanto a instalación eléctrica considerando todos los aspectos ya mencionados.
- Realizar inspecciones visuales regulares de la estructura de la torre, incluyendo el estado del acero al carbono, los reflectores LED y las conexiones eléctricas en búsqueda de signos de corrosión, daños físicos, desgaste o cualquier otro problema que pueda afectar el rendimiento.
- Limpiar regularmente los reflectores LED para eliminar el polvo, la suciedad y otros residuos que puedan acumularse en la superficie, ya que la suciedad puede reducir la eficiencia de la iluminación y disminuir la visibilidad.
- Verificar periódicamente la intensidad y uniformidad de la iluminación proporcionada por los reflectores LED, buscando áreas de luz insuficientes o desiguales, ya que puede ser necesario ajustar la posición de los reflectores o reemplazar las unidades LED defectuosas.
- Reemplazar componentes defectuosos o dañados durante las inspecciones, como LED's quemados, cables dañados o conectores corroídos, para evitar problemas mayores en el futuro.
- Realizar pruebas periódicas del sistema de iluminación para verificar su funcionamiento correcto.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya tareas programadas de limpieza, inspección y mantenimiento eléctrico, llevando un registro detallado de todas las actividades desarrolladas y de cualquier problema detectado para futuras referencias.

- Asegurar que el personal encargado del mantenimiento y operación, esté adecuadamente capacitado en las técnicas y procedimientos de mantenimiento específicos para las torres de iluminación de acero al carbono con reflectores LED.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A.P, O. T. (2019). [www.comprasestatales.gub.uy](http://www.comprasestatales.gub.uy/Aclaraciones/aclar_llamado_937147_0.pdf). Obtenido de [https://www.comprasestatales.gub.uy/Aclaraciones/aclar\\_llamado\\_937147\\_0.pdf](https://www.comprasestatales.gub.uy/Aclaraciones/aclar_llamado_937147_0.pdf)
- Benito. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FUTBOL DEL COMPLEJO FERROVIARIO VIACHA*. La Paz, Bolivia.
- Bi, S. (s.f.). [solid-bi.es](https://solid-bi.es/). Obtenido de solid-bi.es: <https://solid-bi.es/solidworks/?v=5b61a1b298a0>
- BUYLED. (2023). [blog.buyled.es](https://blog.buyled.es/el-deslumbramiento-en-un-proyecto-de-iluminacion-o-ugr/). Obtenido de <https://blog.buyled.es/el-deslumbramiento-en-un-proyecto-de-iluminacion-o-ugr/>
- Castilla, N., Blanca, V., Martínez, A., & Pastor, R. (2011). *luminotecnia, metodo lumenes* .
- Celer. (s.f.). *Celer Professional Lighting Solution* . Obtenido de celerlight.com: <https://www.celerlight.com/cuales-son-los-cambios-en-la-normativa-de-iluminacion-de-instalaciones-deportivas/>
- Chinen, M. O. (26 de Diciembre de 2013). [mef.gob.pe](https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/catalogo/ctlogo_familias_lampara_halogenuro.pdf). Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc\\_siga/catalogo/ctlogo\\_familias\\_lampara\\_halogenuro.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/catalogo/ctlogo_familias_lampara_halogenuro.pdf)
- Choque, B. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FUTBOL*. La Paz.
- Choque, B. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FUTBOL* . La Paz.
- Choque, B. (2015). *Diseño de un sistema de iluminacion de la cancha de futbol del complejo ferroviario de viacha* . La Paz.
- Desventajas, V. y. (2023). [ventajasdesventajas.com](https://www.ventajasdesventajas.com/luz-halogeno/). Obtenido de [ventajasdesventajas.com: https://www.ventajasdesventajas.com/luz-halogeno/](https://www.ventajasdesventajas.com/luz-halogeno/)
- Dhaliwal, D. K. (Septiembre de 2022). [www.msdmanuals.com](https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-oft%C3%A1lmicos/trastornos-de-la-refracci%C3%B3n/introducci%C3%B3n-a-los-trastornos-de-refracci%C3%B3n). Obtenido de <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-oft%C3%A1lmicos/trastornos-de-la-refracci%C3%B3n/introducci%C3%B3n-a-los-trastornos-de-refracci%C3%B3n>
- Diferenciador. (2018). [diferenciador.com](https://www.diferenciador.com/reflexion-y-refraccion-de-la-luz/). Obtenido de [diferenciador.com: https://www.diferenciador.com/reflexion-y-refraccion-de-la-luz/](https://www.diferenciador.com/reflexion-y-refraccion-de-la-luz/)
- directa, L. (2024). [www.lamparadirecta.es](https://www.lamparadirecta.es/blog/lumen-y-lux). Obtenido de <https://www.lamparadirecta.es/blog/lumen-y-lux>
- econova. (2022). [econova-institute.com](https://econova-institute.com/que-es-dialux). Obtenido de [econova-institute.com: https://econova-institute.com/que-es-dialux/](https://econova-institute.com/que-es-dialux)
- efectoled. (s.f.). [www.efectoled.com](https://www.efectoled.com/blog/es/origen-e-historia-del-led). Obtenido de [www.efectoled.com: https://www.efectoled.com/blog/es/origen-e-historia-del-led/](https://www.efectoled.com/blog/es/origen-e-historia-del-led)
- EFIMARKET. (6 de marzo de 2017). [efimarket.com](https://www.efimarket.com/blog/lampara-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion/). Obtenido de <https://www.efimarket.com/blog/lampara-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion/>

- EFIMARKET. (2018). *efimarket.com*. Obtenido de  
<https://www.efimarket.com/blog/lampara-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion/#:~:text=Las%20l%C3%A1mparas%20de%20vapor%20de,punto%20d%C3%A9bil%20de%20estas%20l%C3%A1mparas.>
- Erco. (s.f.). *www.ero.com*. Obtenido de <https://www.ero.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/percepcion-visual/deslumbramiento-7462/>
- España, C. S. (Diciembre de 2010). *estaticos.csd.gob.es*. Obtenido de  
[https://estaticos.csd.gob.es/csd/inst\\_deportivas/Legislacion\\_y\\_documentos\\_tecnicos.pdf](https://estaticos.csd.gob.es/csd/inst_deportivas/Legislacion_y_documentos_tecnicos.pdf)
- Fellers, T., & Davidson, M. (s.f.). *Introducción a la reflexión de la luz*.
- Huanca, M. S. (2017). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y SISTEMA ELÉCTRICO DEL CAMPO DEPORTIVO DE VILLA COPACABANA DE LA CIUDAD DE LA PAZ*. La Paz, Bolivia.
- Lamparas, M. (2024). *megalamparas.com.gt*. Obtenido de  
<https://megalamparas.com.gt/reflectores-led-beneficios/#:~:text=Son%20resistentes%20y%20de%20muy,su%20mantenimiento%20es%20muy%20bajo.>
- Leon, M. (2020). *mercantilleon.com.bo*. Obtenido de  
<https://mercantilleon.com.bo/producto/osram-bolivia-lampara-de-haluro-metalico/>
- Madrid, U. (s.f.). *ufv.es*. Obtenido de [www.ufv.es: https://www.ufv.es/cetys/blog/que-es-la-luminotecnia/#:~:text=La%20luminotecnia%20se%20encarga%20de,el%20bienestar%20de%20las%20personas](https://www.ufv.es/cetys/blog/que-es-la-luminotecnia/#:~:text=La%20luminotecnia%20se%20encarga%20de,el%20bienestar%20de%20las%20personas)
- Marroquin, O. (2015). *PROPIUESTA DE DISEÑO PARA LA ILUMINACIÓN*. Guatemala .
- Martin, W. (2 de 12 de 2022). *ledyilighting.com*. Obtenido de [ledyilighting.com: https://www.ledyilighting.com/es/advantages-and-disadvantages-of-led-lighting/](https://www.ledyilighting.com/es/advantages-and-disadvantages-of-led-lighting/)
- Mejia, E. (2020). *Ahorro energetico de iluminacion del area de competencia de la piscina olimpica de Sucre mediante luminarias tipo led*. La Paz.
- mendoza, S. d. (2017). *ciudaddemendoza.gob.ar*. Obtenido de  
<https://ciudaddemendoza.gob.ar/wp-content/uploads/2019/11/ANEXO-17-17-C%C3%A1culo-Iluminaci%C3%B3n-en-lugares-de-trabajo.pdf>
- ODS, A. (s.f.). *fundacionaque.org*. Obtenido de  
<https://www.fundacionaque.org/refraccion-luz-agua/#:~:text=Este%20fen%C3%B3meno%20se%20produce%20porque,esta%20recorre%20los%20diferentes%20materiales.>
- Quispe, P. (2019). *DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO E ILUMINACIÓN DEL ESTADIO IV CENTENARIO DE TARIJA*. La Paz.
- Recursos, P. (12 de diciembre de 2023). *proferecursos*. Obtenido de  
[www.proferecursos.com: https://www.proferecursos.com/que-es-la-refraccion-de-la-luz/](https://www.proferecursos.com/que-es-la-refraccion-de-la-luz/)

- Rent, M. E. (6 de Mayo de 2019). [www.morillo.es](http://www.morillo.es). Obtenido de  
<https://www.morillo.es/torres-de-iluminacion-guia-para-su-instalacion-y-precauciones-de-seguridad/>
- Sanatana, J. A. (18 de Junio de 2020). [decocables.com](http://decocables.com). Obtenido de  
<https://decocables.com/historia-de-los-sistemas-de-iluminacion/>
- SIMON. (17 de Febrero de 2022). [www.simonelectric.com](http://www.simonelectric.com). Obtenido de  
<https://www.simonelectric.com/blog/iluminacion-deportiva-soluciones-tecnologicas-para-disfrutar-al-maximo-del-deporte>
- Tech, Z. (s.f.). *ZGSM Tech*. Obtenido de es.zgsm-china.com: <https://es.zgsm-china.com/blog/how-to-calculate-lighting-uniformity.html>
- trabajo, S. d. (2016). *la iluminacion en el ambiente laboral* . buenos aires.
- Zapata, F. (12 de 3 de 2021). *Lifeder*. Obtenido de Lifeder:  
<https://www.lifeder.com/reflexion-de-la-luz/>

## ANEXOS

### ANEXO A: CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN EXCEL

PLANTA BAJA iluminacion exterior												
Nº	Ambiente	Nivel de iluminación recomendada	Largo	Ancho	Altura de montaje	Superficie	Sistema de iluminación	Tipo de luminaria	Código de luminaria	Tipo de ambiente	Periodo de mantenimiento	Factor de mantenimiento
		E (Lux)	b = (m)	a = (m)	H = (m)	S = (m²2)					(hr)	(fm)
1	Estacionamiento 1	500	21,00	15,00	16	157,50	Directa	LED	BVP651	Normal	7500	0,7
2	Estacionamiento 2	500	21,00	15,00	16	157,50	Directa	LED	BVP652	Normal	7500	0,7
3	Estacionamiento 3	500	21,00	15,00	16	157,50	Directa	LED	BVP653	Normal	7500	0,7
4	Estacionamiento 4	500	21,00	15,00	16	157,50	Directa	LED	BVP654	Normal	7500	0,7
5	Número de filas por torre	2										

Factor de depreciación	Factor de utilización	Flujo luminoso total	Flujo total de la luminaria	Potencia de la luminaria	Número de luminarias calculado	Número de luminarias redondeado	potencia Total	Comprobación	Error E=%	Observaciones
(δ)	(ρ)	Φ = (Lum)	ΦL = (Lum)	PL = (W)						
0,79	0,45	221518,99	81600	530	5,43	6	3180	221019,429	5,00	Ninguna
0,79	0,45	221518,99	81600	530	5,43	6	3180	221019,429	5,00	Ninguna
0,79	0,45	221518,99	81600	530	5,43	6	3180	221019,429	5,00	Ninguna
0,79	0,45	221518,99	81600	530	5,43	6	3180	221019,429	5,00	Ninguna
										Ninguna

Potencia instalada de iluminación 12720 Watts

Fuente: Propia

### ANEXO B: SIMULACIÓN DIALUX

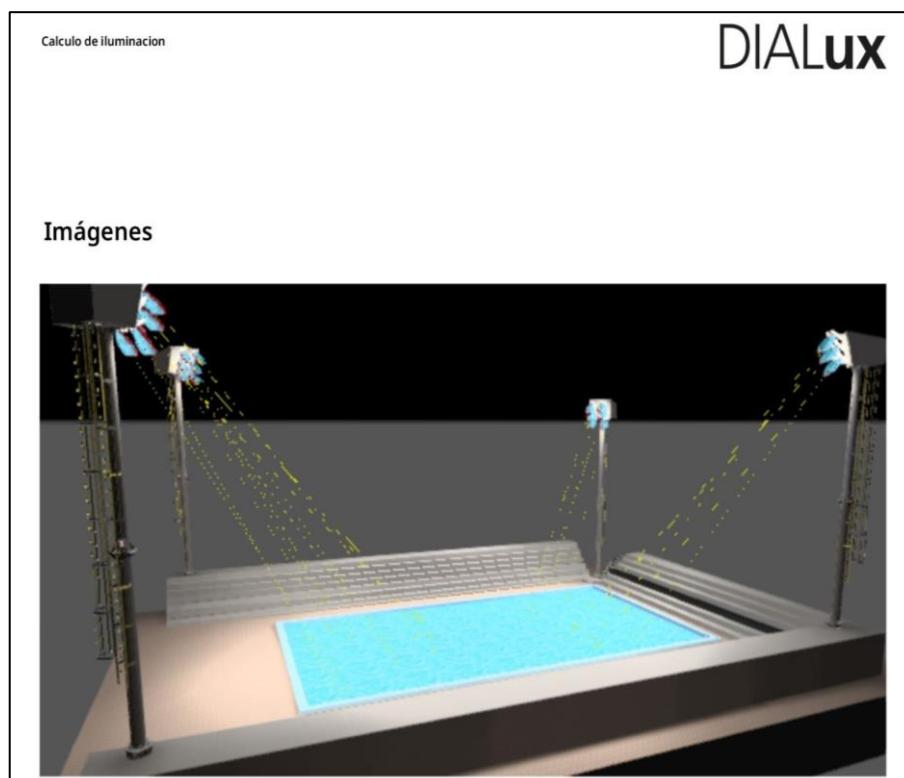
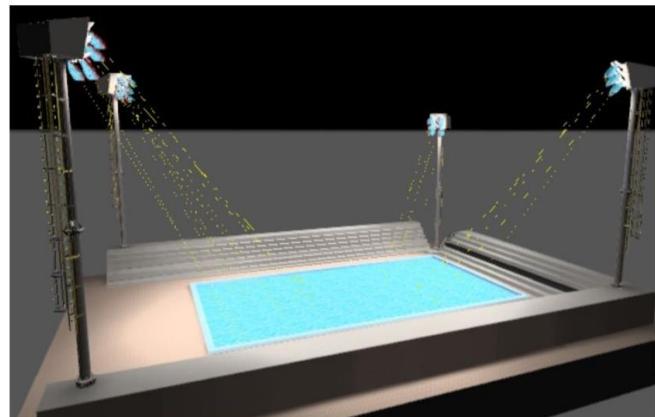


Figura 1: Simulación de la distribución de las luminarias  
Fuente: DiaLux

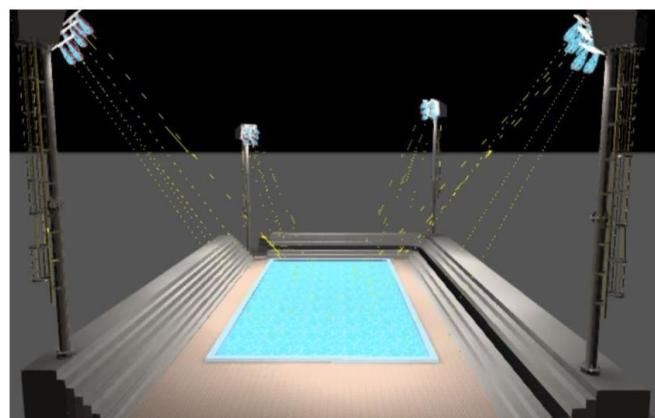
PISCINA PARQUE BOLIVAR

## Imágenes

PISCINA PARQUE BOLIVAR (36)



PISCINA PARQUE BOLIVAR (35)



PISCINA PARQUE BOLIVAR

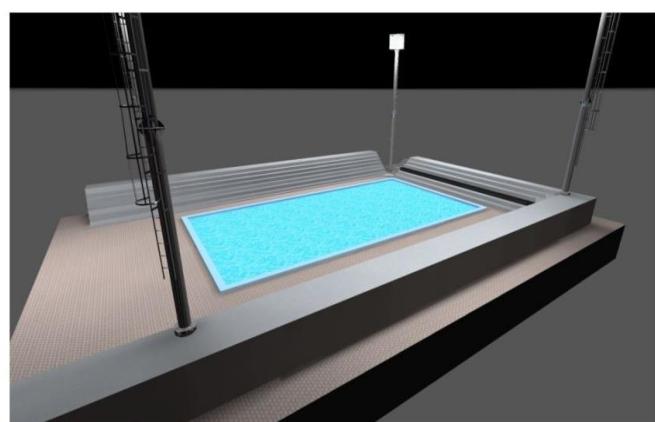
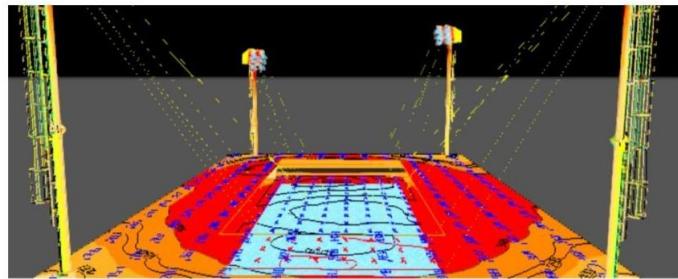


Figura 2: Vistas de la simulación resultante  
Fuente: DiaLux

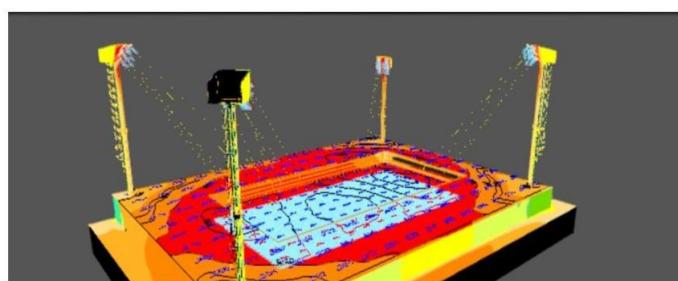
## PISCINA PARQUE BOLIVAR

### Imágenes

PISCINA PARQUE BOLIVAR (34)



PISCINA PARQUE BOLIVAR (33)



PISCINA PARQUE BOLIVAR 2

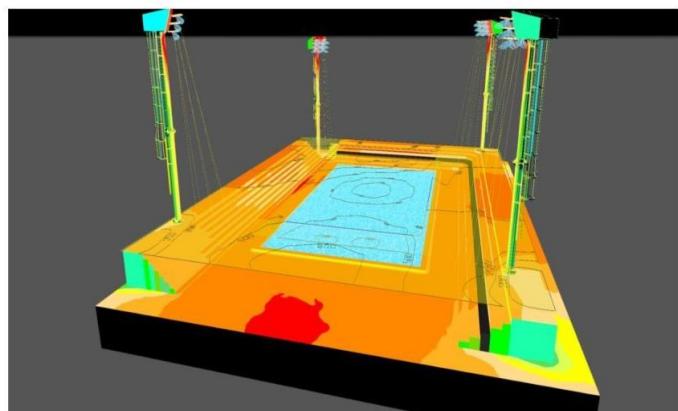


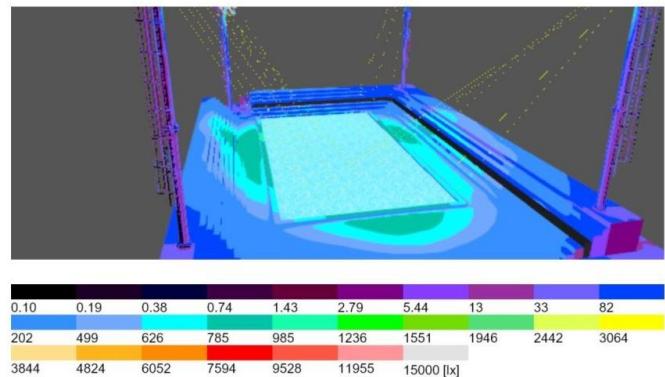
Figura 3: Niveles de iluminación

Fuente: DiaLux

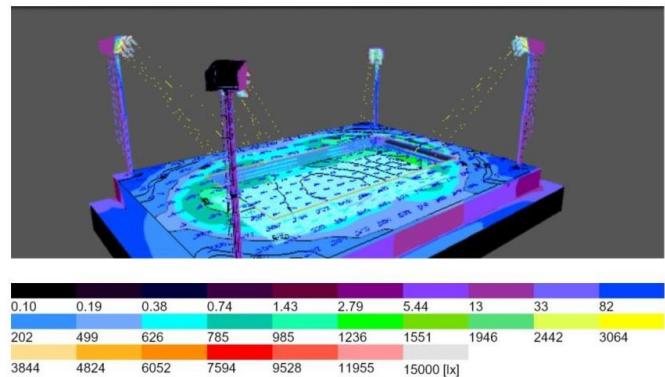
## PISCINA PARQUE BOLIVAR

### Imágenes

PISCINA PARQUE BOLIVAR (31)



PISCINA PARQUE BOLIVAR (32)



PISCINA PARQUE BOLIVAR (29)

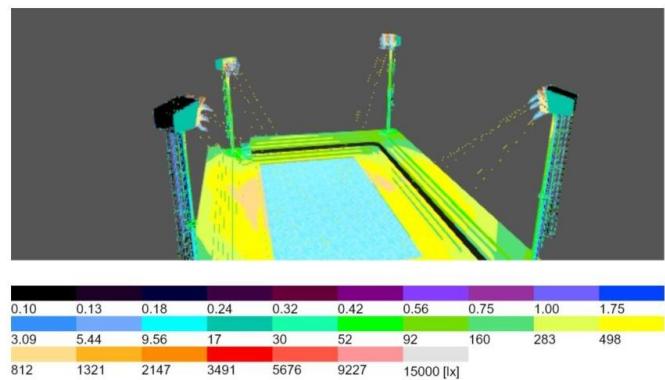


Figura 4: Niveles de iluminación

Fuente: DiaLux

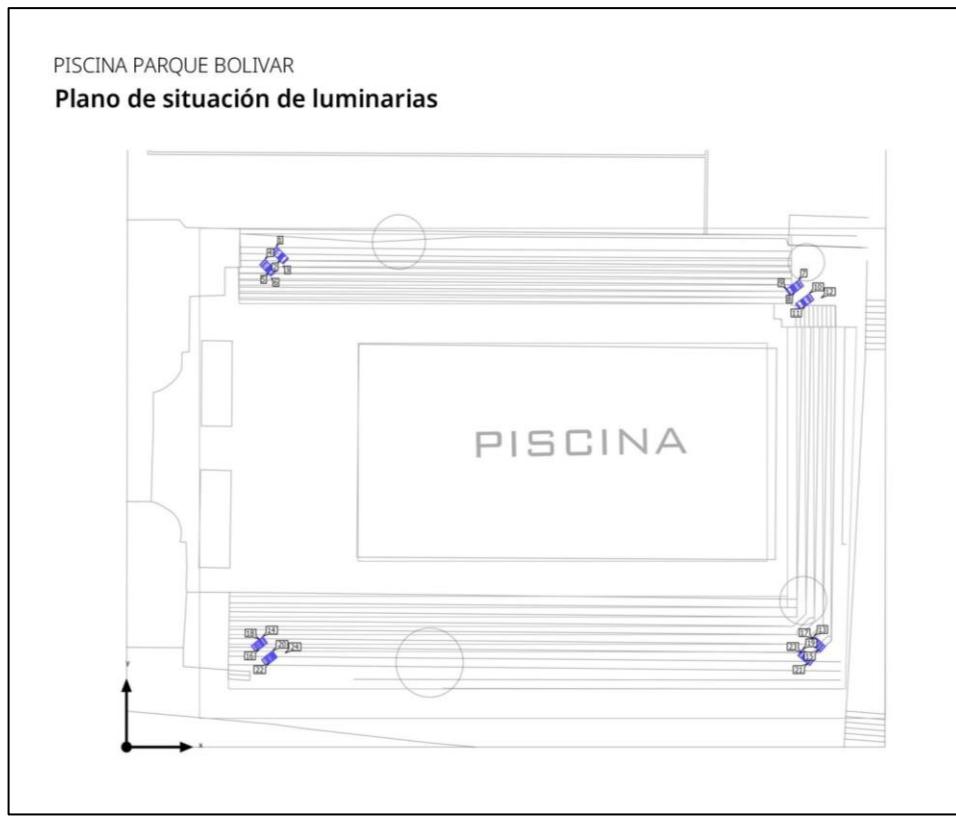


Figura 5: Distribución de las estructuras en la piscina  
Fuente: DiaLux

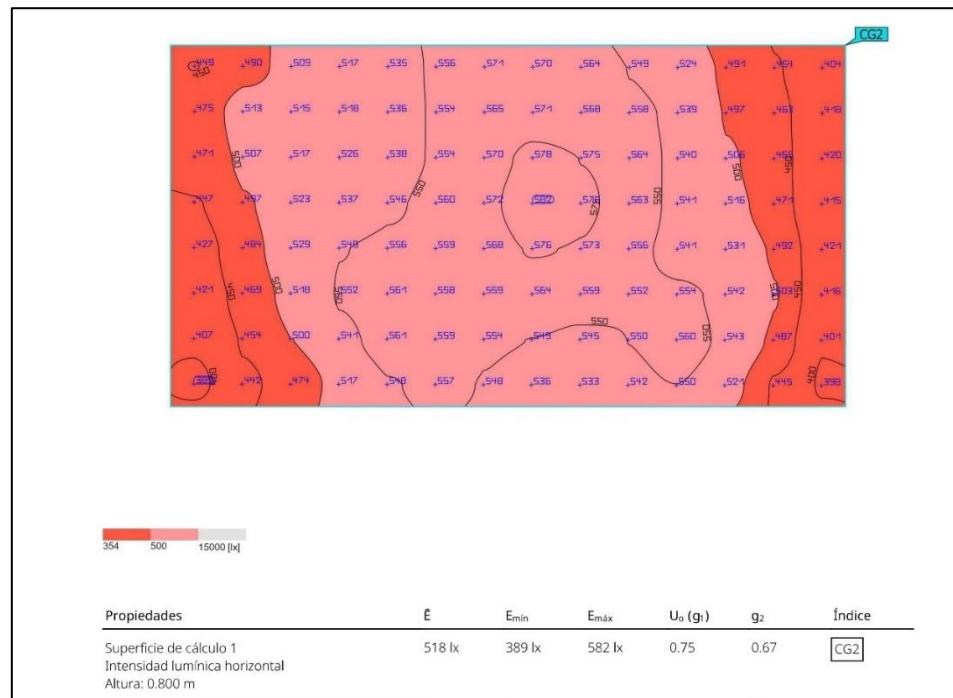
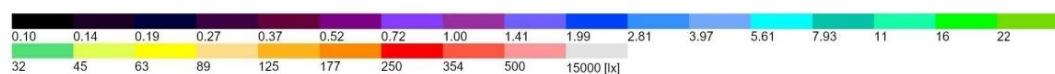
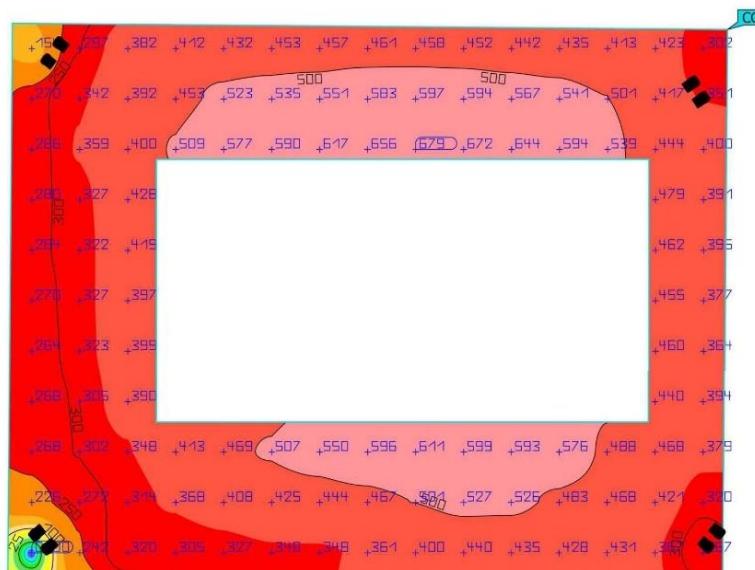
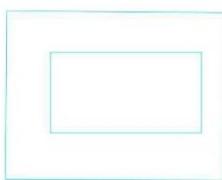


Figura 6: Resultados obtenidos de los niveles de iluminación (Área total)  
Fuente: DiaLux

PISCINA PARQUE BOLIVAR (Escena de luz 1)

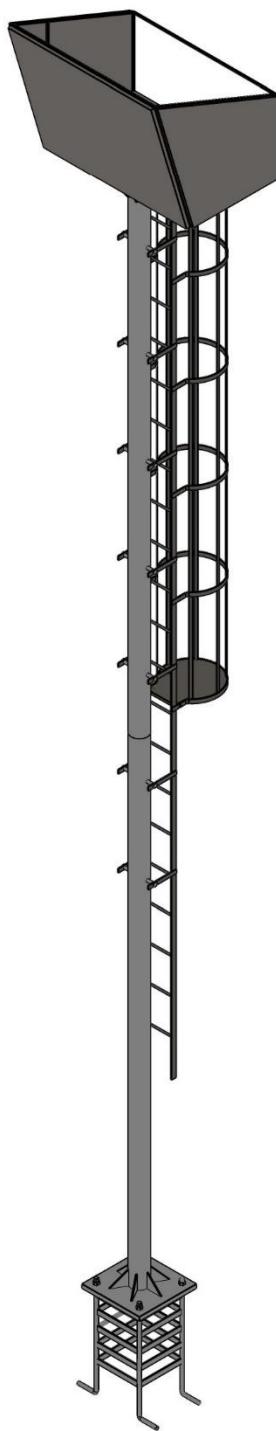
**PUBLICO**

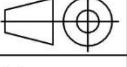


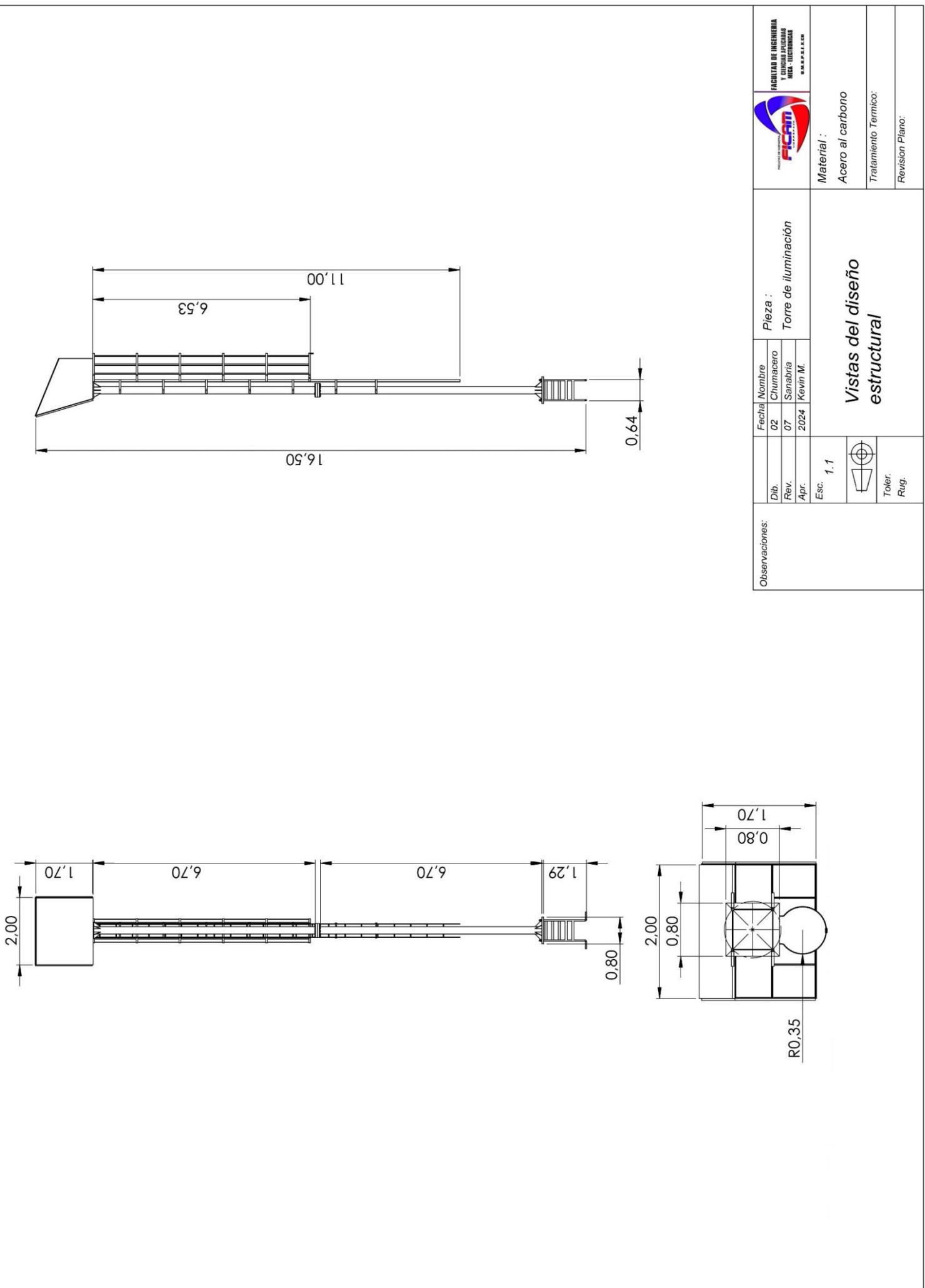
Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_o (g_1)$	$g_2$	Índice
PUBLICO Intensidad lumínica horizontal Altura: 2.800 m	424 lx	0.00 lx	679 lx	0.00	0.00	CG1

Figura 7: Resultados obtenidos de los niveles de iluminación (Área espectadores)  
Fuente: DiaLux

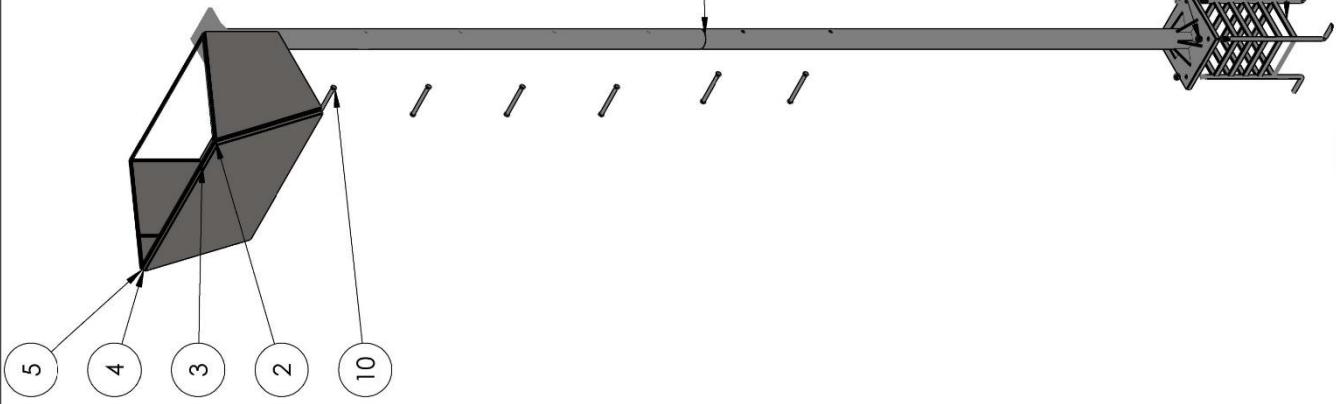
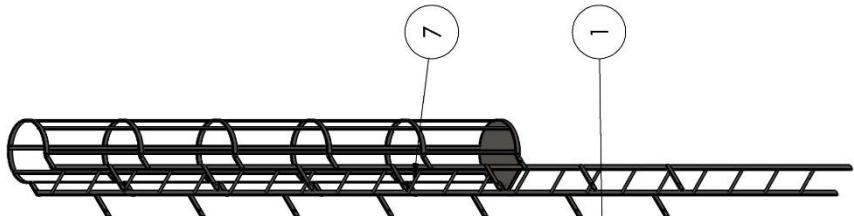
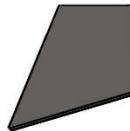
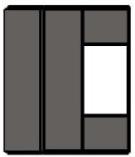
**ANEXO C: PLANOS DE DISEÑO DEL PROYECTO**

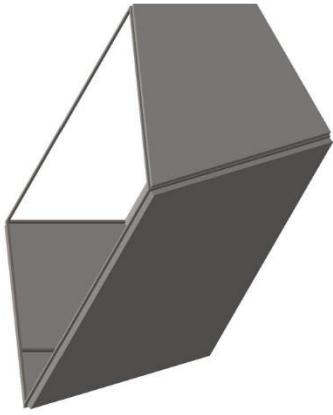
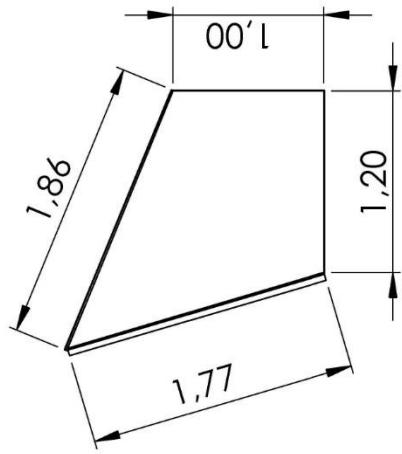
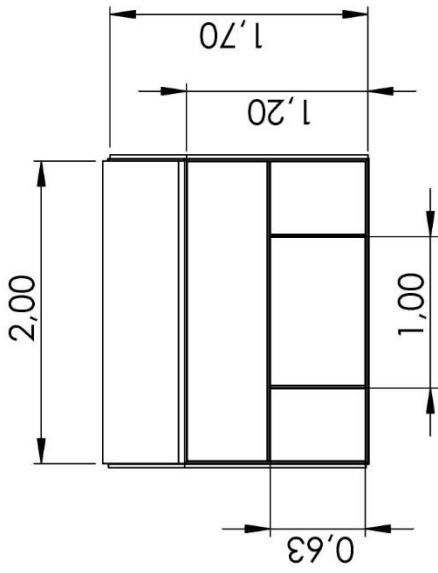
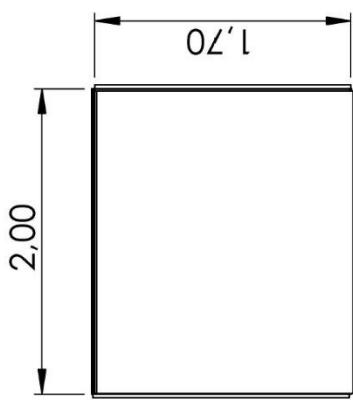


Observaciones :	Fecha	Nombre	Pieza : Torre de iluminación	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.S.F.X.CH</b>	
	Dib.	02			
	Rev.	07			
	Apr.	2024			
	Esc.	1.1			
			<i>Diseño estructural vista isométrica</i>		
			<i>Material :</i>  Acero al carbono		
			<i>Tratamiento Termico:</i>		
			<i>Revision Plano:</i>		
					
			<i>Toler. Rug.</i>		

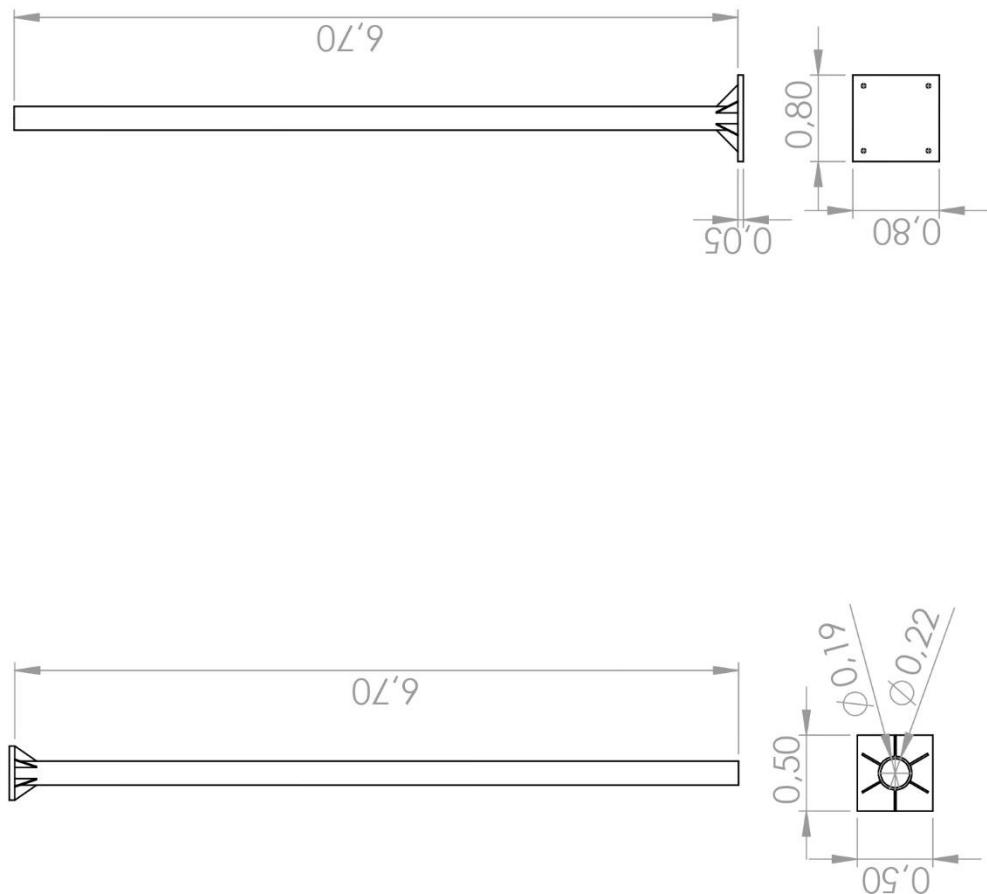


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Poste superior	1
2	Plancha Frontal	1
3	Plancha suelo	1
4	PLANCHAS FRONTAL	1
5	Plancha Lateral	2
6	Plancha de base	1
7	Escalera	1
8	Anclaje	1
9	B18.24.1M - Hex nut, Style 1, M36 x 4 -W-N	4
10	Varillas	7

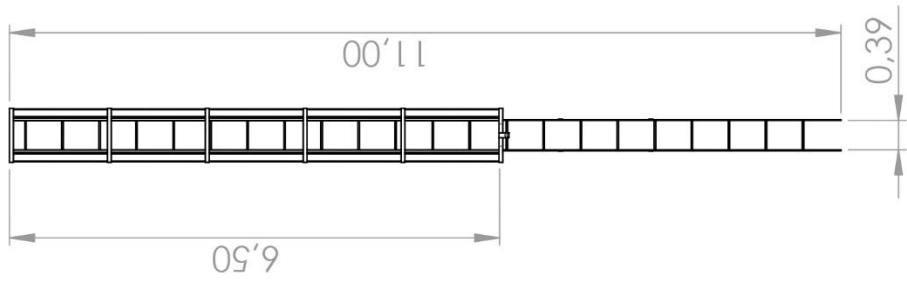
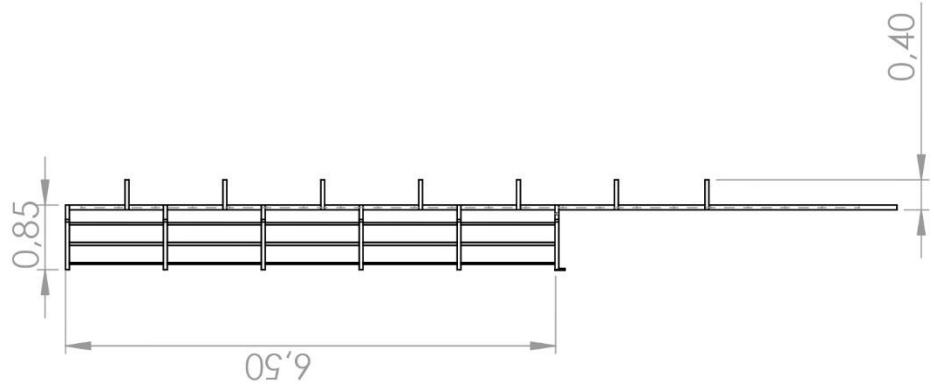




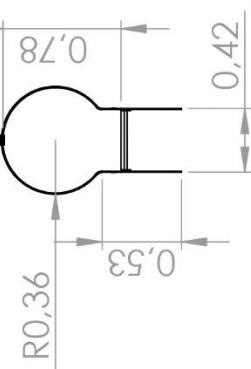
Observaciones:	Dib.	Fecha	Nombre	Pieza :	
	Rev.			Habitaculo	
Apr.					
	2024		Kevin M.		
Esc.	1,1				
Toler.					
	Rug.				
<i>Vistas del habitaculo</i>					
Material : Acero al carbono					
Tratamiento Termico:					
Revision Plano:					
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS ARTICULADAS MIEGA - ELECTRONICAS UNIVERSIDAD NACIONAL DE MARACAIBO FICAM MARACAIBO - VENEZUELA					

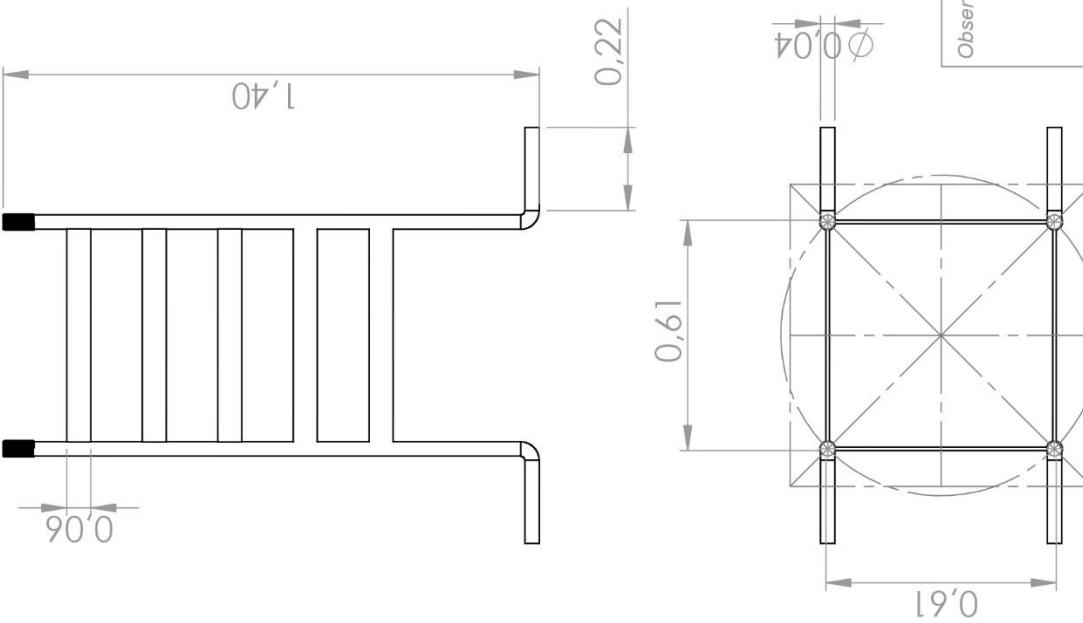
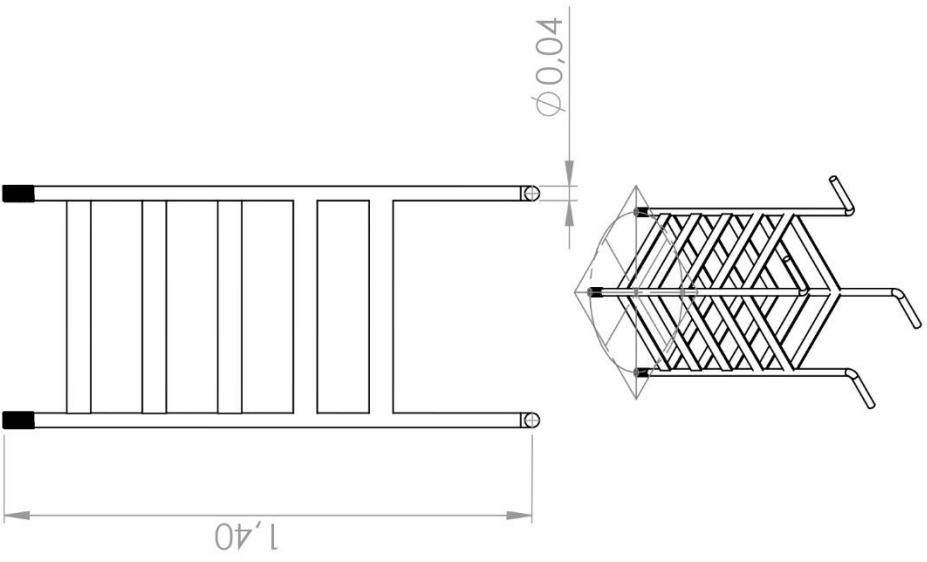


<b>Observaciones:</b> Dib. 02 Chumacero Rev. 07 Sanabria Apr. 2024 Kevin M.  Esc. 1:1	<b>Fecha</b> 02 <b>Nombre</b> Chumacero <b>Pieza :</b> Poste metalico	<b>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APlicadas MENA - ELECTRONICAS INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL CAMPUS MONTERREY</b> 
	<b>Toler.</b>  Rug.	
	<b>Material :</b> Acero al carbono <b>Tratamiento Termico:</b> 	
	<b>Vistas del poste metalico</b>	



 <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>Y CIENCIAS APlicadas</b> <b>MEN - ELECTRONICAS</b> <small>INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL</small>	<b>Pieza :</b> <b>Escalera</b> <b>Fecha :</b> <b>02</b> <b>Chumacero</b> <b>Rev. :</b> <b>07</b> <b>Sanabria</b> <b>Apr. :</b> <b>2024</b> <b>Kevin M.</b>	<b>Material :</b> <b>Acero al carbono</b> <b>Tratamiento Termico:</b> <b>Revision Plano:</b>
<b>Observaciones:</b> <i>Dib.</i> <i>Rev.</i> <i>Apr.</i> <i>Esc.</i> <i>1.1</i>	<i>02</i> <i>07</i> <i>2024</i> <i>R0,36</i>	 

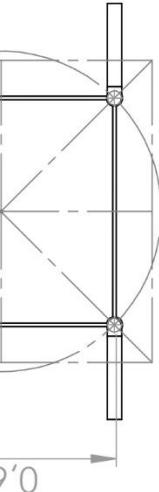




**Pieza :**  
Pernos de anclaje

**Dib.** 02  
**Rev.** 07  
**Apr.** 2024  
**Esc.** 1.1

**Observaciones:**



**Material :**  
Acero al carbono

**Tratamiento Térmico:**

**Revision Plano:**

**Vistas del perno de anclaje**

## ANEXO D: LUMINARIA SELECCIONADA SEGÚN CATÁLOGO

### ClearFlood Large

Luminaire	: BVP651 T25 1 xLED800-4S/740 S
Total Lamp Flux	: 80000 lm
Light Output Ratio	: 0.84
Luminous Flux	: 67200 lm
Power	: 540 W
LxBxH	: 0.77x0.52x0.08 m
Ballast	: -

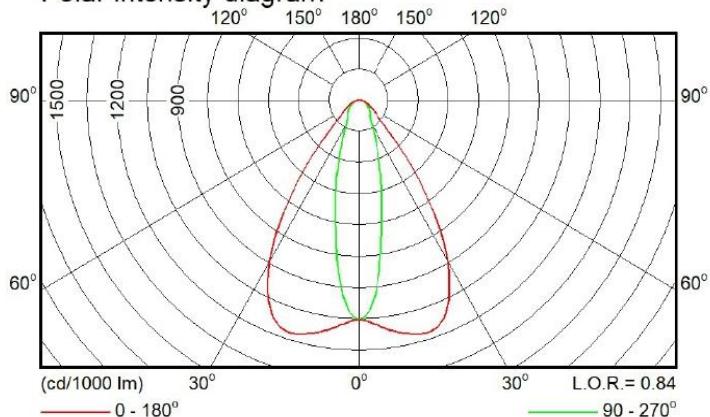


### BVP651 T25 1 xLED800-4S/740 S

L.O.R.= 0.84

1 x 80000 lm

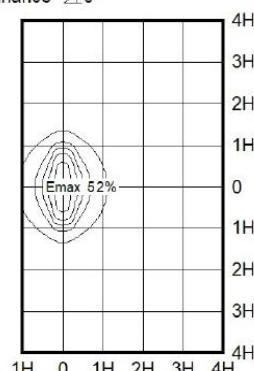
Polar intensity diagram



Horizontal Illuminance  $\angle 0^\circ$

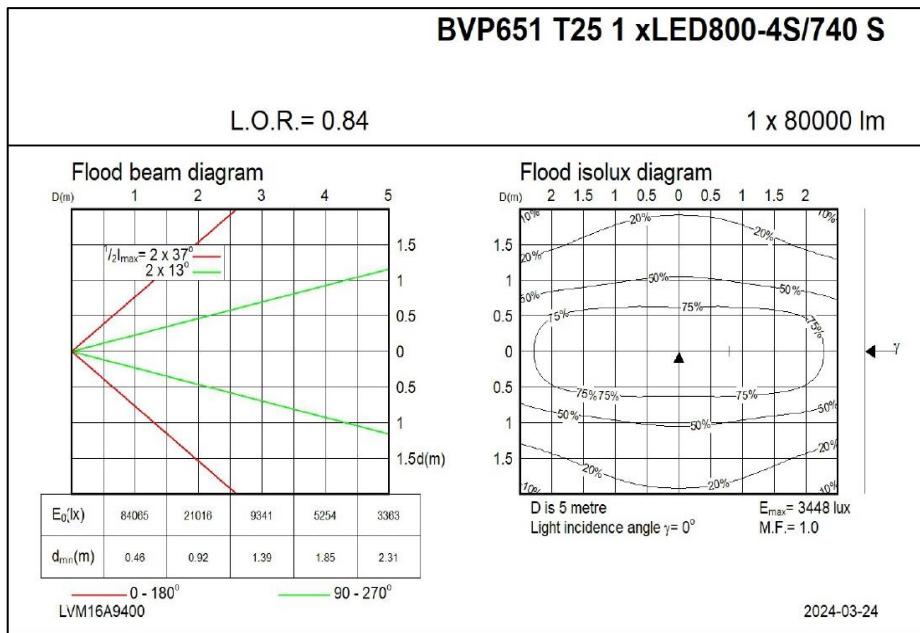
H (m)	E <sub>max</sub> (lux)
3.0	9531
3.5	7003
4.0	5361

M.F.= 1.0



LVM16A9400

2024-03-24



Fuente: Catalogo Digital Philips.

## ANEXO E: CALCULO POR FLEXIÓN

Se usa la fórmula de esfuerzo normal por flexión para saber el diámetro mínimo que se requiere.

$$\sigma_d = \frac{M}{S}$$

Donde:

$\sigma_d$ : Esfuerzo de diseño

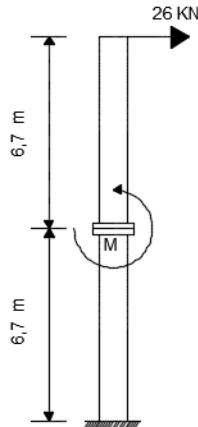
M: momento flexionante

S: modulo elástico de sección

Al estar comprendido el poste metálico por dos secciones se procede a calcular el diámetro para las dos secciones

### ➤ Primera sección

Se procede a calcular el momento M generado en la primera sección.



Tuberías  
Fuente: elaboración propia

$$M = P * L$$

Donde:

M: momento generado

P: Fuerza (26000 N)

L: distancia (6,7 m)

$$M = P * L = 26000 * 6,7 = 17400 \text{ N.m}$$

Hallamos el módulo elástico de sección:

$$S = \frac{I}{C}$$

Donde:

I: módulo de inercia

C: distancia desde su eje neutro hasta la parte más alejada

Entonces:

$$C = \frac{D}{2}$$

$$I = \pi \frac{D^4}{64}$$

Reemplazando en ecuación (2.5)

$$S = \pi \frac{D^3}{32}$$

Consideramos el esfuerzo último del acero A53 (415 Mpa) y usaremos el esfuerzo de diseño que se lo expresa de la siguiente manera.

Donde:

$\sigma_d$  = Esfuerzo del diseño

$\sigma_y$  = Esfuerzo acero A53 (415)

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{1,67} = 248,5 \text{ Mpa}$$

Obtenida la ecuación (2.5) y (2.4) remplazamos valores en (2.3)

$$\sigma_d = \frac{M}{S}$$

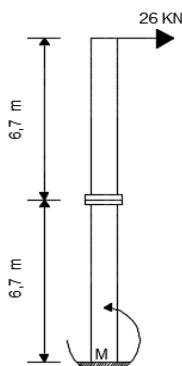
$$248,5e6 = \frac{174200}{\frac{\pi}{32} * D^3}$$

$$248,5e6 = \frac{5574400}{\pi * D^3}$$

$$D = 0,192 \text{ m} = 192 \text{ mm}$$

### ➤ Segunda sección

Se procede a calcular el momento M generado en la segunda sección



Tuberías

Fuente: elaboración propia

$$M = P * L$$

Donde:

M: momento generado

P: Fuerza (26000 N)

L: distancia (13,4 m)

$$M = P * L = 26000 * 13,4 = 348400 \text{ N.m}$$

Hallamos el módulo elástico de sección:

$$S = \frac{I}{C} \quad (2.4)$$

Donde:

I: módulo de inercia

C: distancia desde su eje neutro hasta la parte más alejada

Entonces:

$$C = \frac{D}{2}$$

$$I = \pi \frac{D^4}{64}$$

Reemplazando en ecuación (2.5)

$$S = \pi \frac{D^3}{32}$$

Consideramos el esfuerzo último del acero A53 (415 Mpa) y usaremos el esfuerzo de diseño que se lo expresa de la siguiente manera.

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{1,67} = 248,5 \text{ Mpa}$$

Obtenida la ecuación (2.5) y (2.4) remplazamos valores en (2.3)

$$\sigma_d = \frac{M}{S}$$

$$248,5e6 = \frac{348400}{\frac{\pi}{32} * D^3}$$

$$248,5e6 = \frac{11148800}{\pi * D^3}$$

$$D = 0,24 \text{ m} = 240 \text{ mm}$$

Se toma en cuenta el diámetro mayor para dar uniformidad al diseño y adoptamos un diámetro comercial de tuberías A53, diámetro  $D = 10'' = 273 \text{ mm}$ . (Anexo I)

Comprobamos que el diámetro calculado cumpla la relación  $\tau_{max} < \tau_{acero}$

### Por cortante:

$$\tau_{max} = \frac{V * Q}{I * t}$$

Donde:

$V$ : Fuerza cortante (26000 N)

$t = D-d$  (diámetro externo – diámetro interno) =  $(0.273 - 0.254 = 0,019 \text{ m})$

$Q$  = factor volumétrico

$I$  = inercia

$$Q = \frac{1}{12} (D^3 - d^3) = 3,29 * 10e - 4 \text{ m}^3$$

Donde:

$D$ : diámetro exterior de sección tubular (0,273 m)

$d$ : diámetro interior de sección tubular (0,254 m)

$$I = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = 1,36 * 10e - 4 \text{ m}^4$$

Reemplazamos en ecuación (3.4) y obtenemos

$$\tau_{max} = \frac{V * Q}{I * t} = 3310371,5 \frac{N}{m^2} = 3,31 \text{ Mpa}$$

Comparamos este resultado con el diseño por esfuerzo cortante, considerando un área de contacto aproximada de 8-16.

Donde:

$\tau_d$ = Cortante de diseño

Factor de conversión= 1,67

$$\tau_d = \frac{248e6}{16 * (1,67)} = 9,29 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{max} < \tau_d$$

## ANEXO F: CATÁLOGO PARA TUBERIAS

Tubos Schedule (SCH) SIN COSTURA							
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED pulgada / mm	PESO kg/m	PESO tipo	SCH N. <sup>o</sup>	PRESIÓN DE PRUEBA GRADO B psi
	pulgada	mm					
3"	3.50	88.9	0.22	5.49	11.29	STD	40
3"	3.50	88.9	0.3	7.62	15.27	XS	80
4"	4.50	114.3	0.24	6.02	16.07	STD	40
4"	4.50	114.3	0.34	8.56	22.32	XS	80
5"	5.56	141.3	0.26	6.55	21.77	STD	40
5"	5.56	141.3	0.38	9.52	30.94	XS	80
6"	6.63	168.3	0.28	7.11	28.26	STD	40
6"	6.63	168.3	0.43	10.97	42.56	XS	80
8"	8.63	219.1	0.32	8.18	42.55	STD	40
8"	8.63	219.1	0.50	12.7	64.64	XS	80
10"	10.75	273.0	0.37	9.27	60.29	STD	40
10"	10.75	273.0	0.59	15.09	95.97	XS	80
12"	12.75	323.8	0.41	10.31	79.7	STD	40
12"	12.75	323.8	0.69	17.48	132.04	XS	80
14"	14.00	355.6	0.44	11.13	94.55	STD	40
14"	14.00	355.6	0.75	19.05	158.1	XS	80
PROPIEDADES MECÁNICAS:							
NORMA TÉCNICA	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (minimo)		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (minimo)			
		ksi	MPa	ksi	MPa		
ASTM A 53/A 53M	B	35	240	60	415		
ASTM A 106/A 106M	B	35	240	60	415		
API 5 L PSL 1	B	35	241	60	413		
TOLERANCIAS: De acuerdo al ASTM A 53/A 53M.							
LONGITUD: SRL de 4.8 a 6.7 metros, DRL de 10.7 metros mínimo.							
EXTREMOS: Planos para diámetros menores de 2", biselados ≥ 2".							

Fuente: Catalogo Digital Fierros Arequipa.

## ANEXO G: ANÁLISIS DE COSTO

ANALISIS DE COSTO						
PROYECTO: RE DISEÑO DE ESTRUCTURA E ILUMINACIÓN  PARA LA PISCINA MUNICIPAL SIMÓN BOLIVAR DE SUCRE		TIPO DE CAMBIO			6,96	
		UNIDAD			Dólar	
COMPONENTE DE PRECIO UNITARIO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO Bs.	UNITARIO \$US.	PARCIAL Bs.	PARCIAL \$US.
<b>A. MATERIALES</b>						
Tuberías A53, diámetro D = 10" = 273 mm.	pza	8	3000	431,03	24000	3448,28
Planchas Acero al carbono	pza	20	1500	215,52	30000	4310,34
Brida de Acople	pza	8	7600	1091,95	60800	8735,63
Escalera Acero al carbono	pza	4	1800	258,62	7200	1034,48
Pernos B18.2.3.6M	pza	48	15	2,16	720	103,45
Anclaje tipo L	pza	16	500	71,84	8000	1149,43
Varillas para escalera	pza	28	80	11,49	2240	321,84
Reflectores Led Philips – BVP651 T25	pza	24	2000	287,36	48000	6896,55
Conductor 10 AWG	m	300	5	0,72	1500	215,52
Interruptor Termomagnético Trifásico de 10A	pza	1	60	8,62	60	8,62
Disyuntor Diferencial Trifásico 25 A-30 mA	pza	1	250	35,92	250	35,92
					182770	26.260,06
<b>B. MANO DE OBRA</b>						
<i>Horas laborales</i>						
ELECTRICISTA	HR	120 hr	33,2	4,764	3978,72	571,66
AYUDANTE	HR	120 hr	19,9	2,858	2386,8	342,93
Albañil	HR	528 hr	33,1	4,756	17476,8	2511,03
					23842,32	3.425,62
<b>C. EQUIPO Y MAQUINARIA</b>						
ESTUCHE DE HERRAMIENTAS	HR	8	6,2	0,897	49,92	7,17
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
D. Herramientas Menores	5% de H		1251,7		179,8	
E. Beneficios sociales	55% de F		655,7		94,2	

<b>F. Mano de Obra Indirecta</b>	<b>5% de B</b>	<b>1192,1</b>	<b>171,3</b>
<b>G. Total Materiales</b>	<b>(A)</b>	<b>182770</b>	<b>26260,1</b>
<b>H. Total Mano de Obra</b>	<b>(B+F)</b>	<b>25034,4</b>	<b>3596,9</b>
<b>I. Total Equipo</b>	<b>(C+D)</b>	<b>1301,6</b>	<b>187</b>
<b>J. Parcial Item</b>	<b>(G+H+I)</b>	<b>209106,1</b>	<b>30044</b>
<b>K. Gastos Generales</b>	<b>10% (J)</b>	<b>20910,6</b>	<b>3004,4</b>
<b>L. Utilidad</b>	<b>10% (J)</b>	<b>20910,6</b>	<b>3004,4</b>
<b>M. Subtotal:</b>	<b>(E+J+K+L)</b>	<b>251583</b>	<b>36147</b>
<b>N. IVA:</b>	<b>13,0% de (M)</b>	<b>32705,8</b>	<b>4699,1</b>
<b>O. I.T</b>	<b>3,0 % de (M)</b>	<b>7547,5</b>	<b>1084,4</b>
<b>IU:</b>	<b>25% de L</b>	<b>5227,7</b>	<b>751,1</b>
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>		<b>BS. 297063,9</b>	<b>Sus. 42681,6</b>

## ANEXO H: ANÁLISIS DE CONSUMO

La energía consumida al día se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_{dia} = P_T * t$$

Donde:

$E_{dia}$  = Energía consumida al día (kWh/día)

$P_T$  = Potencia total de las luminarias (kW)

$t$  = Tiempo en la cual se está consumiendo la energía (h)

Las tarifas por kWh que cobra CESSA para la categoría General 2 en la cual se encuentra el presente estudio, que se muestra a continuación:

<b>GENERAL 2</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Cargo mínimo (derecho a 40 kWh-mes)	Bs	60.037
De 41 kWh a 120 kWh	Bs/kWh	1.056
De 121 kWh a 300 kWh	Bs/kWh	1.095
Excedente a 301 kWh	Bs/kWh	1.691

Para luminarias halógenas:

En la siguiente tabla se observan las características técnicas de las luminarias de halógeno que actualmente se están utilizando en la piscina municipal Simón Bolívar.

Datos técnicos de la luminaria de Halógeno	
Potencia unitaria	500 W
Tensión	170-270 V
Frecuencia	50-60 Hz
Grado de protección	IP 66

Actualmente, la piscina Simón Bolívar cuenta con un total de 16 luminarias de halógeno para la iluminación. El tiempo estimado de utilización de estas luminarias es de aproximadamente 4 horas por día.

Entonces la energía total consumida al día será:

$$P_T = \frac{P_U * N_l}{1000}$$

Donde:

$P_U$  = Potencia unitaria de las luminarias (W)

$N_l$  = Número de luminarias

$$P_T = \frac{500 * 16}{1000}$$

$$P_T = 8 \text{ kW}$$

La energía consumida al día entonces es:

$$E_{dia} = 8 * 4$$

$$E_{dia} = 32 \text{ kWh/día}$$

La energía consumida al mes es:

$$E_{mes} = E_{dia} * 30$$

$$E_{mes} = 32 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 30$$

$$E_{mes} = 960 \text{ kWh/mes}$$

Considerando la tabla de tarifas de CESSA y que el consumo de energía se encuentra en el rango superior a 301 kWh/mes, entonces la tarifa es de 1,691 Bs/kWh, por lo que actualmente estarían pagando lo siguiente:

$$C_{mes} = E_{mes} * t_f$$

Donde:

$C_{mes}$  = Costo mensual de energía (Bs/mes)

$t_f$  = Tarifa (Bs/kWh)

$$C_{mes} = 960 * 1,691$$

$$C_{mes} = 1623,36 \text{ Bs/mes}$$

Para luminarias Leds:

En el presente estudio, se están reemplazando las luminarias de halógeno por luminarias LED que tienen las siguientes características:

Datos técnicos de la luminaria Led	
Potencia unitaria	530 W
Tensión	220-230 V
Frecuencia	50 Hz
Grado de protección	IP 66
Φ Lampara	80000 Lm

Del dimensionamiento se obtuvo un total de 24 luminarias LED para satisfacer las necesidades de iluminación requeridas para la piscina.

Entonces la potencia total consumida al día será:

$$P_T = \frac{P_U * N_l}{1000}$$

Donde:

$P_U$ = Potencia unitaria de las luminarias (W)

$N_l$  = Número de luminarias

$$P_T = \frac{530 * 24}{1000}$$

$$P_T = 12.72 \text{ kW}$$

La energía consumida al día entonces es:

$$E_{dia} = 12.72 * 4$$

$$E_{dia} = 50.88 \text{ kWh/día}$$

La energía consumida al mes es:

$$E_{mes} = E_{dia} * 30$$

$$E_{mes} = 50.88 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 30$$

$$E_{mes} = 1526,4 \text{ kWh/mes}$$

Considerando las tarifas de CESSA y que el consumo de energía se encuentra en el rango superior a 301 kWh/mes, entonces la tarifa es de 1,691 Bs/kWh, por lo que actualmente estarían pagando lo siguiente:

$$C_{mes} = E_{mes} * t_f$$

Donde:

$C_{mes}$  = Costo mensual de energía (Bs/mes)

$t_f$  = Tarifa (Bs/kWh)

$$C_{mes} = 1526,4 * 1,691$$

$$C_{mes} = 2581,14 \text{ Bs/mes}$$

Por tanto, una vez realizados los cálculos se concluye que a pesar de que el consumo eléctrico es mayor con las luminarias LED, la eficiencia de iluminación será mejor consiguiendo así compensar el gasto del consumo energético.

#### **ANEXO I: VISITA A LAS INSTALACIONES DE LA PISCINA MUNICIPAL “SIMÓN BOLÍVAR”**



**Figura 1:** Iluminación actual de la piscina

Fuente: Propia.

#### **ANEXO J: MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA**



**Figura 1:** Medición de la iluminación

Fuente: Propia.

## ANEXO K: ENTREVISTAS REALIZADAS A DEPORTISTAS Y ENTRENADOR

### "RE DISEÑO DE ESTRUCTURA E ILUMINACIÓN PARA LA PISCINA MUNICIPAL SIMÓN BOLÍVAR DE SUCRE"

#### ENTREVISTA A LOS DEPORTISTAS Y ENTRENADOR TURNO NOCHE

1.- ¿Hace que tiempo practicas natación en la piscina Municipal Simón Bolívar?

A inicio de año

2.- ¿En el tiempo que llevas entrenando presenciaste alguna competencia nocturna?

No, solamente en el turno de la mañana

3.- ¿Crees que la iluminación es adecuada para los entrenamientos o competencias?, detállanos tu experiencia

No es la adecuada pero puede ser mejorable

4.- ¿La iluminación actual juega un papel importante en tu desempeño?

Sí, ya que no se puede ver bien al de adelante

5.- ¿Qué sugerencias darías para mejorar la infraestructura de la piscina?

que limpien la piscina ya que en el turno de la noche es bien sucia

6.- ¿Bajo tu punto de vista crees que hace falta un mayor interés de las autoridades hacia el mantenimiento de la piscina?

Sí, hace falta una buena limpieza de toda la piscina y parece que hace falta mantener las luces ya que su luz es opaca,

**"RE DISEÑO DE ESTRUCTURA E ILUMINACIÓN PARA LA PISCINA  
MUNICIPAL SIMÓN BOLÍVAR DE SUCRE"**

**ENTREVISTA A LOS DEPORTISTAS Y ENTRENADOR TURNO NOCHE**

1.- ¿Hace que tiempo practicas natación en la piscina Municipal Simón Bolívar?

*Soy entrenadora hace 6 años*

2.- ¿En el tiempo que llevas entrenando presenciaste alguna competencia nocturna?

*Si se realizan competencias programadas pero no muy frecuentes en la noche*

3.- ¿Crees que la iluminación es adecuada para los entrenamientos o competencias?, detállanos tu experiencia

*No es adecuada*

4.- ¿La iluminación actual juega un papel importante en tu desempeño?

*Si es importante para los deportistas*

5.- ¿Qué sugerencias darías para mejorar la infraestructura de la piscina?

*Que se mejoran las luces antiguas por otras mejores*

6.- ¿Bajo tu punto de vista crees que hace falta un mayor interés de las autoridades hacia el mantenimiento de la piscina?

*Si hace falta, no hacen un buen seguimiento ni proyectan, aportes nuevos*

**"RE DISEÑO DE ESTRUCTURA E ILUMINACIÓN PARA LA PISCINA  
MUNICIPAL SIMÓN BOLÍVAR DE SUCRE"**

**ENTREVISTA A LOS DEPORTISTAS Y ENTRENADOR TURNO NOCHE**

1.- ¿Hace que tiempo practicas natación en la piscina Municipal Simón Bolívar?

Practico este deporte desde niña, pero antes venía en el turno de la mañana y por mi universidad vengo en el turno de la noche hace 2 años

2.- ¿En el tiempo que llevas entrenando presenciaste alguna competencia nocturna?

Intentaron una vez pero las luces son muy opacas así que lo hicieron en la mañana

3.- ¿Crees que la iluminación es adecuada para los entrenamientos o competencias? detállanos tu experiencia

No para nada, la iluminación es muy pobre para los entrenamientos, en días lluviosos tenemos que entrenar a oscuras, no encienden todas las luces. hay días que encienden 3 otras 4 pero nunca vi que se enciendan todas

4.- ¿La iluminación actual juega un papel importante en tu desempeño?

Si porque con mis lentes de natación no veo casi nada cuando entro al agua tengo que esforzar mi vista para no chocarme con los separadores de carril o incluso con las paredes.

5.- ¿Qué sugerencias darías para mejorar la infraestructura de la piscina?

Que se prendan las luces, que arreglen los focos porque algunos parecen quemados que se mejoren las torres su distancia y posición, que arreglen el techo de tela que no deja ver nada y que limpien el agua mas seguido

6.- ¿Bajo tu punto de vista crees que hace falta un mayor interés de las autoridades hacia el mantenimiento de la piscina?

Si, siento que está muy descuidado todo en conjunto

## ANEXO L: SISTEMA DE CONTROL Y DIAGRAMAS UNIFILARES DE CONEXIÓN

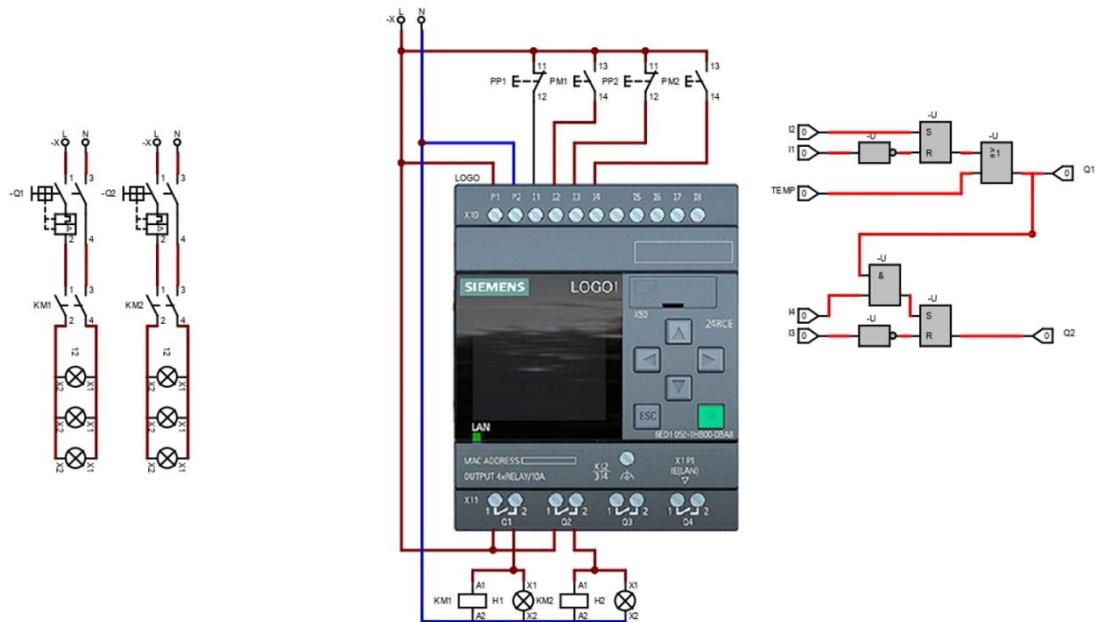


Figura 1: Sistema de control PLC, apagado  
Fuente: Propia

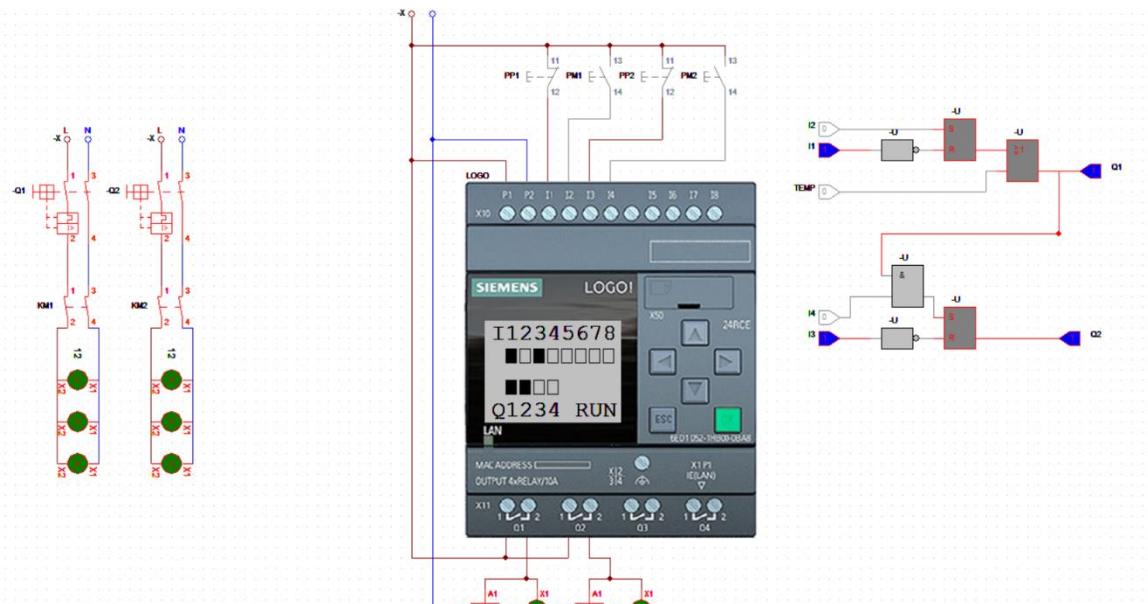


Figura 2: Sistema de control PLC, encendido  
Fuente: Propia

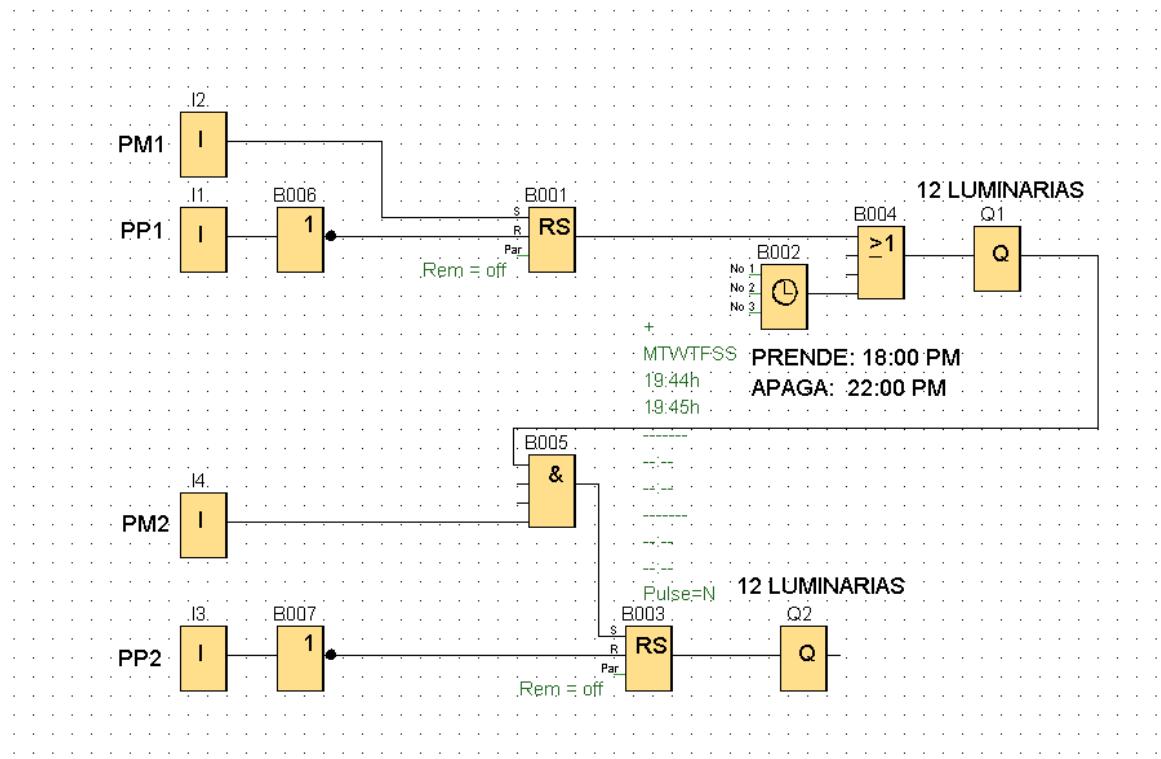
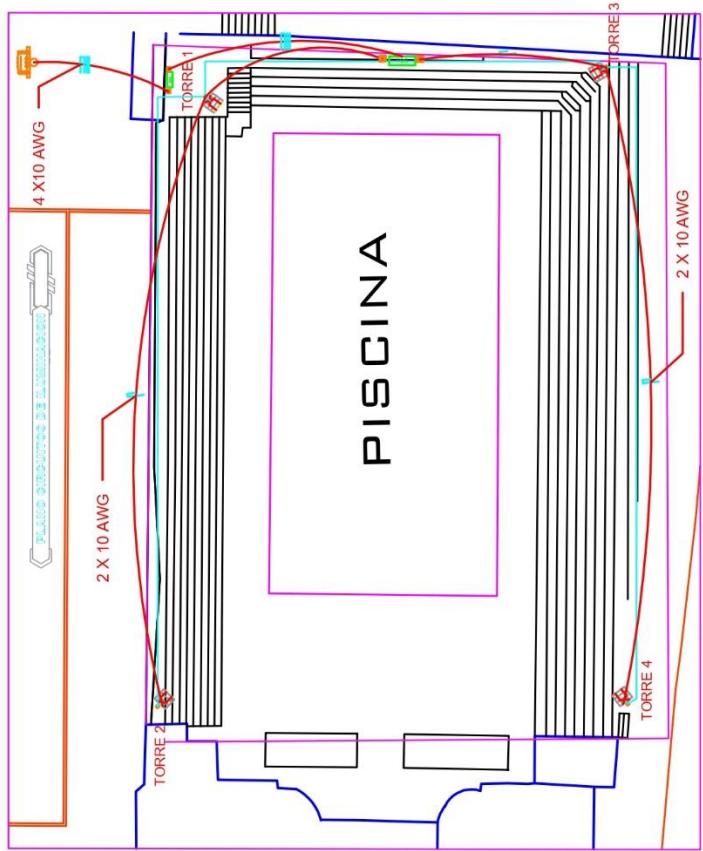


Figura 3: Compuertas lógicas PLC  
Fuente: Propia



## TABLA DE DETALLES

Observaciones:	Dib.	Nombre	Pieza :	FACULTAD DE INGENIERIA y CIENCIAS APlicadas UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA www.unmdp.edu.ar
	Rev.	Chumacero		
	Apr.	08	DISTRIBUCIÓN Y DIAGRAMA UNIFILAR	
		2024	Kevin M.	
	Esc.	1.1	Material :	
				Tratamiento Termico:
				Revision Piano:

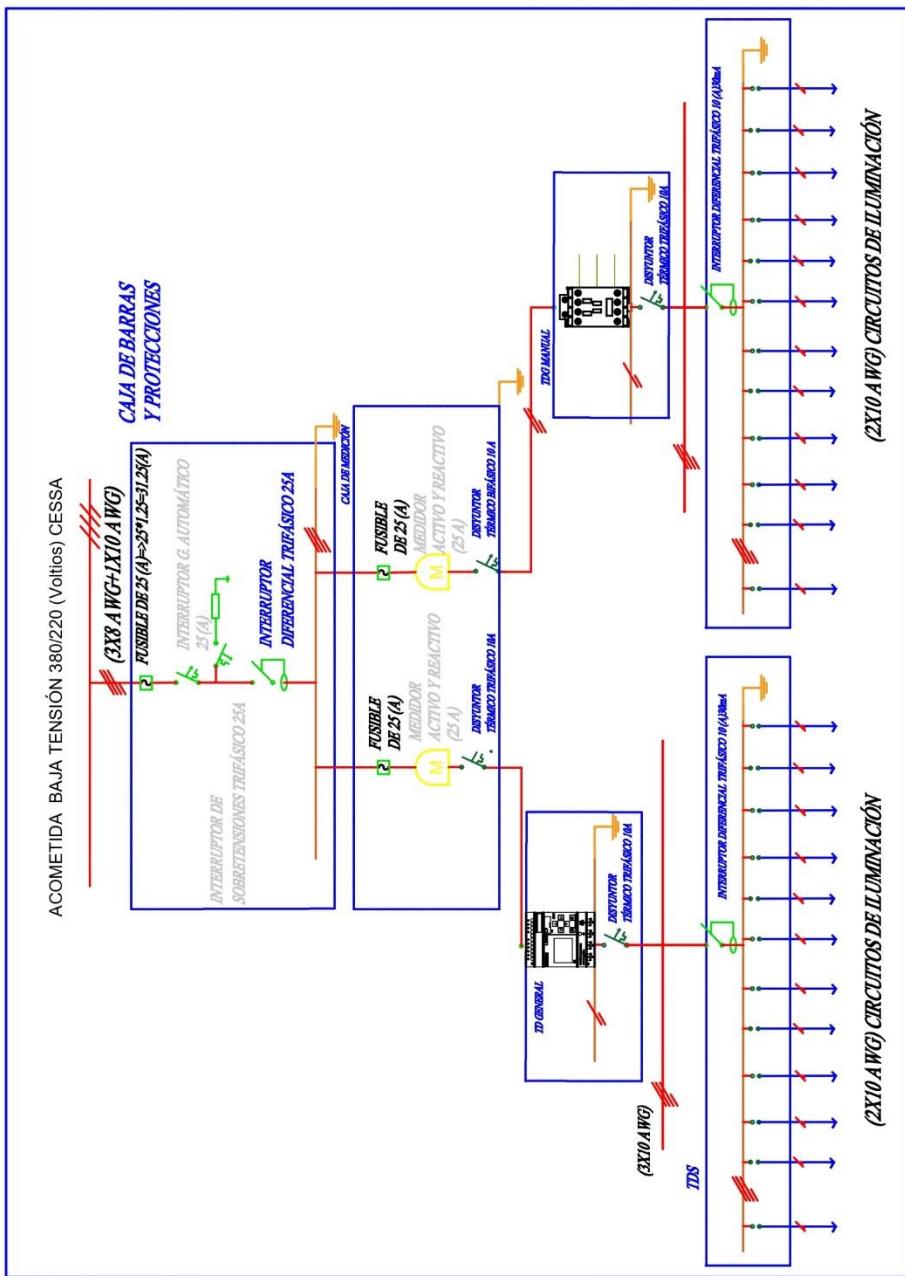


TABLA DE DETALLES	
	TABLEDO DE DISTRIBUCIÓN DENIAL
	TABLEDO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO
	ESCALELLA DUCTOS
	DENOTACION DE LAS FASES (R, S, T) NEUTRO
	INTERCUTOR PARA SOBRETENSIONES
	PUESTA A TIERRA (JABALINA)
	DISYUNTOR TÉRMOMAGNETICO
	CONDUCTOR 10 AWG
	DUCTEADO

	<b>Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas UNIFACUA</b>
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</b>
<b>Material :</b>	
<b>Tratamiento Térmico:</b>	
<b>Revision Plano:</b>	

Observaciones:	Dib. 13 Chumacero	Pieza : DISTRIBUCIÓN Y DIAGRAMA UNIFILAR
	Rev. 08 Sanabria	
	Apr. 2024 Kevin M.	
Esc. 1.1		<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>
Toler. Rug.		

## ANEXO M: PLANILLA DE CÁLCULO DE CONDUCTOR

Planilla de carga												
Tablero Principal	Medidor	Tablero secundario	Circuitos	Potencia	Tension	Nº de cables	Factor de potencia	Carga	Longitud Total del Cable	Conductor	Sección	
			(W)	(V)	#	cos φ	(A)	(m)	AWG	(mm²)		
			12720	380	4	0,85	22,74	23	10	5,3		
T.D.G.	Medidor 1 Automatico	Tablero secundario	TDS-PB	4770	380	4	0,85	8,53	27	10	5,3	
			CI-1 A	1590	220	2	0,85	8,50	25,33	10	5,3	
			CI-1 M	1590	220	2	0,85	8,50	25,33	10	5,3	
			CI-2 A	1590	220	2	0,85	8,50	106	10	5,3	
			CI-2 M	1590	220	2	0,85	8,50	106	10	5,3	
	Medidor Manual		CI-3 A	1590	220	2	0,85	8,50	25,92	10	5,3	
			CI-3 M	1590	220	2	0,85	8,50	25,92	10	5,3	
			CI-4 A	1590	220	2	0,85	8,50	110	10	5,3	
			CI-4 M	1590	220	2	0,85	8,50	110	10	5,3	

Planilla de carga										
Longitud km	Caida	Caida	Polos	Diametro del ducto	Protección		Conductor		Verificación	
					(km)	%	(V)	p		ok-not
0,023	0,23	0,89	3p	5/8.	25		3p	10	30	ok
0,027	0,40	1,52	3p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,02533	0,65	1,42	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,02533	0,65	1,42	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,106	2,71	5,95	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,106	2,71	5,95	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,02592	0,66	1,46	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,02592	0,66	1,46	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,11	2,81	6,18	1p	3/4.	10		1	10	30	ok
0,11	2,81	6,18	1p	3/4.	10		1	10	30	ok

Figura: Planillas cálculo de conductor

Fuente: Propia