

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE
PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE
URCOS – 2024**

PRESENTADO POR:

Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

ASESOR:

Mgt. OCTAVIO CAÑIHUA CAYOCUSI

CUSCO- PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor OCTAVIO CAÑIHUA CAYOCUSI
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesistitulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL
DE URCOS - 2024
.....

Presentado por: KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS DNI N° 74214264 ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO ELECTRICISTA
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 04.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 02 de DICIEMBRE..... de 2025.....


.....
Firma

Post firma OCTAVIO CAÑIHUA CAYOCUSI

Nro. de DNI 23814511

ORCID del Asesor 0000-0002-9130-969X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:535567307

PROYECTO DE TESIS-DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS- EST...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:535567307

Fecha de entrega

2 dic 2025, 8:01 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 dic 2025, 8:19 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

PROYECTO DE TESIS-DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORT....pdf

Tamaño del archivo

20.7 MB

186 páginas

42.803 palabras

238.138 caracteres

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
145 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
27 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mis padres, ROMUALDO MAMANI QUISPE y JUANA BARRIENTOS SOLÍS, faros que han iluminado mi camino con su ejemplo de lucha y perseverancia. Ustedes sembraron en mí la semilla del esfuerzo y la cultivaron con amor, hasta verla florecer en este logro.

A mi compañera de vida, BRÍGIDA HUANCA CHIPANA, mi abrigo en los días fríos y mi impulso en cada amanecer, gracias por sostenerme con tu amor, por creer en mis sueños y por caminar a mi lado aun cuando el sendero se tornaba incierto.

Este triunfo no es solo mío, sino de quienes me han acompañado con amor, paciencia y fe inquebrantable.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, la salud y la fortaleza que me han permitido superar los retos y llegar a la culminación de esta meta tan importante.

A mis padres, por su amor, esfuerzo y ejemplo de perseverancia, que han sido la base de cada uno de mis logros.

A mi compañera de vida, por su apoyo inquebrantable, su infinita y su constante ánimo, que me han motivado a continuar incluso en los momentos más duros.

A mis hermanos, por su respaldo y compañía, recordándome siempre el valor de la unión familiar.

A mi asesor, “Mgt. OCTAVIO CAÑIHUA CAYOCUSI”, por su guía constante, por compartir su experiencia y por la dedicación con la que me oriento durante el desarrollo de este trabajo. Sus consejos y observaciones han sido un aporte invaluable para mi formación académica y profesional.

Y, por último, a los ingenieros docentes de la “Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica”, por la excelente formación que me han otorgado y por su dedicación en la formación de profesionales íntegros y capacitados.

PRESENTACIÓN

Señor (es):

Decano de la “Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica”, y miembros del jurado calificador de la presente tesis.

En atención a lo establecido en el “Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica”, y como parte del requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electricista, pongo a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS – 2024”.

Br. Kevin Fernando Mamani Barrientos.

RESUMEN

La presente tesis, titulada “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS – 2024**”, desarrolla un sistema de iluminación artificial que garantice visibilidad y seguridad para deportistas y espectadores, permitiendo el uso del estadio en horario nocturno. El proyecto se plantea desde un enfoque de desarrollo de ingeniería, mediante cálculos, simulaciones y análisis técnicos para definir los parámetros óptimos del sistema.

El trabajo se organiza en tres objetivos específicos. Primero, se aplicaron normas de iluminación deportiva para establecer los procedimientos técnicos de diseño, determinándose que la norma FIFA es la más adecuada para el campo de juego, mientras que la UNE-EN 12193 y la NTP EM.010 se consideran para áreas complementarias.

Segundo, se incorporaron tecnologías modernas y eficientes, evaluando alternativas como Arena Visión LED de Philips, Serie Glomax LED de ZGSM, Ecoblast de Schreder y Serie TPL-FL05 de Topley Lighting. Se concluyó que Arena Visión LED es la opción más eficiente, con un flujo luminoso útil de 130,830 lúmenes, un índice de reproducción cromática superior a 90 y compatibilidad con sistemas de automatización, ofreciendo iluminación de alta calidad, menor consumo energético y mantenimiento reducido.

Finalmente, se aplicó una metodología de ocho etapas para diseñar el sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos, integrando normas técnicas, tecnologías modernas y sistemas de automatización. El sistema obtenido logró 609 lux de iluminancia media, 0.74 de uniformidad y una reducción de 51.9% en consumo energético, cumpliendo con los estándares FIFA para campos deportivos de Clase II.

Palabras clave: Iluminación deportiva, eficiencia energética, normativas técnicas, diseño lumínico.

ABSTRACT

This thesis, entitled “**DESIGN OF AN EFFICIENT LIGHTING SYSTEM FOR SPORTS FIELDS: URCOS MUNICIPAL STADIUM – 2024**”, develops an artificial lighting system that guarantees visibility and safety for athletes and spectators, allowing the stadium to be used at night. The project is approached from an engineering development perspective, using calculations, simulations, and technical analyses to define the optimal system parameters.

The work is organized into three specific objectives. First, sports lighting standards were applied to establish the technical design procedures, determining that the FIFA standard is the most suitable for the playing field, while UNE-EN 12193 and NTP EM.010 are considered for complementary areas.

Second, modern and efficient technologies were incorporated, evaluating alternatives such as Philips Arena Vision LED, ZGSM Glomax LED Series, Schreder Ecoblast, and Topley Lighting TPL-FL05 Series. It was concluded that Arena Vision LED is the most efficient option, with a useful luminous flux of 130,830 lumens, a color rendering index greater than 90, and compatibility with automation systems, offering high-quality lighting, lower energy consumption, and reduced maintenance.

Finally, an eight-stage methodology was applied to design the lighting system for the Urcos Municipal Stadium, integrating technical standards, modern technologies, and automation systems. The resulting system achieved an average illuminance of 609 lux, a uniformity of 0.74, and a 51.9% reduction in energy consumption, meeting FIFA standards for Class II sports fields.

Keywords: Sports lighting, energy efficiency, technical regulations, lighting design.

INTRODUCCIÓN

La iluminación adecuada en los campos deportivos contribuye un elemento esencial para garantizar la visibilidad y seguridad de los jugadores y espectadores. Actualmente el Estadio Municipal de Urcos carece de infraestructura de iluminación artificial, lo que impide la realización de actividades deportivas en horarios nocturnos, afectando la calidad de los eventos y limitando el aprovechamiento del recinto.

Frente a esta problemática, el presente proyecto se centra en el diseño de un sistema de iluminación eficiente, orientado principalmente al terreno de juego y con una propuesta referencial para sus zonas interiores y complementarias. El objetivo es garantizar condiciones técnicas óptimas para el desarrollo de actividades deportivas, priorizando el cumplimiento de normas internacionales, como las establecidas por la FIFA, y la implementación de tecnologías modernas de iluminación. El desarrollo del proyecto se organiza en cinco capítulos: el Capítulo I presenta la estructura general, el planteamiento del problema y los objetivos; el Capítulo II desarrolla los antecedentes, las bases teóricas, marco conceptual y normativo; el Capítulo III analiza y aplica normas nacionales e internacionales de iluminación deportiva para establecer los procedimientos técnicos necesarios en el diseño del sistema, asegurando criterios de iluminancia, uniformidad y calidad lumínica; el Capítulo IV evalúa técnicamente tecnologías de iluminación modernas y eficientes, considerando criterios de rendimiento, sostenibilidad, eficiencia energética y compatibilidad con sistemas de automatización; y el Capítulo V presenta el diseño del sistema de iluminación mediante una metodología estructurada, que incluye simulaciones luminotécnicas, cálculo de demanda eléctrica y propuesta de automatización, cumpliendo con los criterios establecidos por las normas aplicables y asegurando un sistema eficiente y flexible.

Este proyecto no solo busca resolver una necesidad puntual en el Estadio Municipal de Urcos, sino también servir como referencia técnica para futuros proyectos iluminación deportiva en la región, ofreciendo un enfoque eficiente, seguro y sostenible.

ÍNDICE

RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCCIÓN	VII
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1 Ámbito Geográfico.....	1
1.2 Ubicación Geográfica.....	1
1.3 Definición del Problema.....	3
1.3.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.3.2 Problema General.....	5
1.3.3 Problemas Específicos.....	5
1.3.4 Árbol de Problemas	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4.3 Árbol de Objetivos	8
1.5 Justificación del Proyecto.....	9
1.6 Alcances y Limitaciones.....	9
1.6.1 Alcances	9
1.6.2 Limitaciones	10
1.7 Metodología del Proyecto.....	11
1.7.1 Enfoque y Diseño Metodológico del Proyecto.....	11
1.7.2 Ámbito de Aplicación y Caso de Estudio	12
1.7.3 Técnicas para Obtener Información	12
1.7.4 Procesamiento y Análisis Técnico	12
1.7.5 Herramientas Técnicas	12
1.8 Matriz de Planificación del Proyecto Tecnológico de Ingeniería	13
CAPITULO II.....	14
MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes.....	14

2.1.1	Internacionales.....	14
2.1.2	Nacionales	15
2.2	Bases Teóricas.....	15
2.2.1	Conceptos de la Electricidad Aplicados a la Iluminación.....	15
2.2.1.1	La Carga Eléctrica.....	15
2.2.1.2	Estudio y Evaluación de la Carga Eléctrica.....	15
2.2.1.3	Caída de Tensión.....	16
2.2.1.4	Sistema de Protección Eléctrica.....	17
2.2.1.5	Instalaciones de Telecomunicación	17
2.2.2	Luminotecnia y Conceptos Relacionados	17
2.2.2.1	La Luz.	17
2.2.2.2	Propiedades de la Luz. La luz presenta las siguientes propiedades:	18
2.2.2.3	Magnitudes Fundamentales.....	20
2.2.3	Sistema de Iluminación en Campos Deportivos.....	23
2.2.3.1	La Iluminación Eficiente en Campos Deportivos.	23
2.2.3.2	Características de un Sistema de Iluminación Eficiente.	24
2.2.3.3	La Importancia de la Iluminación Eficiente.....	24
2.2.3.4	Consideraciones para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente.	25
2.2.3.5	Impacto Ambiental y Energético de la Iluminación en Campos Deportivos.....	25
2.2.3.6	Criterios de Iluminación de Campos Deportivos.....	25
2.2.3.7	Sistemas de Iluminación por Proyección.....	27
2.2.3.8	Criterio para el Diseño de Montaje de Luminarias para Iluminación Deportiva.....	35
2.2.3.1	Software DIALux.....	39
2.3	Marco Conceptual	42
2.4	Marco Normativo	42
CAPITULO III.....		45
NORMAS APLICABLES A LA ILUMINACIÓN DE CAMPOS DEPORTIVOS		45
3.1	Introducción.....	45
3.2	Normas Aplicables a la Iluminación de Campos Deportivos.....	46
3.2.1	Norma Peruana de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos DGE 017.....	46
3.2.1.1	Iluminación Recomendada para Locales Deportivos.	46

3.2.2	Norma Técnica EM.010	48
3.2.3	Norma UNE-EN 12193	49
3.2.3.1	Niveles de Iluminancia para Campos Deportivos.....	50
3.2.3.2	Uniformidad.....	51
3.2.4	Norma FIFA.....	52
3.2.4.1	Niveles de Iluminancia para Campos de Futbol.	52
3.2.4.2	Planificación de las Instalaciones	54
3.2.5	Iluminación de Emergencia y Seguridad Aplicada a Campos Deportivos	55
3.2.5.1	Iluminación de Emergencia.	55
3.2.5.2	Iluminación de Seguridad (Recomendación Internacional- FIFA).....	56
3.3	Análisis de las Normas Relacionadas a la Iluminación de Campos Deportivos	57
3.3.1	Nivel de Iluminación	57
3.3.2	Uniformidad	57
3.3.3	Índice de Reproducción Cromática	58
3.3.4	Temperatura de Color.....	58
3.3.5	Nivel de Deslumbramiento.....	59
3.3.6	Eficiencia Energética.....	59
3.3.7	Cuadro Comparativo General de Normas	59
3.4	Evaluación de las Normas de Iluminación	60
3.5	Procedimientos para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente	62
3.6	Conclusión.....	64
CAPITULO IV.....		65
TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN MODERNAS Y EFICIENTES PARA LA INTEGRACIÓN EN SISTEMAS DEPORTIVOS.....		65
4.1	Introducción.....	65
4.2	Tecnologías Actuales de Iluminación Deportiva	66
4.3	Tecnologías de Iluminación en Base a la Información de los Fabricantes.....	67
4.3.1	Arena Visión LED (Philips).....	67
4.3.2	Serie Glomax LED de ZGSM Fabricante	71
4.3.3	Ecoblast del fabricante Schreder	73
4.3.4	Serie TPL-FL05 de Topley Lighting LED	74

4.4	Análisis Comparativo de Luminarias y sus Tecnologías Integradas.....	77
4.5	Sistemas de Automatización y control de la Iluminación	78
4.5.1	Identificación de Tecnologías de Automatización y Control.....	78
4.5.2	Análisis Técnico de las Tecnologías Identificadas.....	79
4.5.3	Escenarios Automatizados de Iluminación Deportiva	86
4.5.4	Consideraciones Finales para la Integración	87
4.6	Evaluación de las Tecnologías de iluminación	87
4.7	Conclusión.....	89
CAPITULO V		90
DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS.....		90
5.1	Introducción.....	90
5.2	Aplicación de la Metodología de Diseño de Iluminación	90
5.2.1	Etapa 1: Diagnóstico de la Situación Actual del Estadio Municipal de Urcos	91
5.2.1.1	Características Generales del Estadio	91
5.2.1.2	Ubicación y Accesibilidad.....	91
5.2.1.3	Evaluación de la Infraestructura existente	91
5.2.1.4	Necesidades Identificadas.....	93
5.2.1.5	Descripción Arquitectónica	93
5.2.2	Etapa 2: Selección de la Norma a Aplicar.....	94
5.2.2.1	Selección del Sistema de Iluminación	94
5.2.3	Etapa 3: Selección de la tecnología de iluminación.....	95
5.2.4	Etapa 4: Cálculos preliminares.....	96
5.2.4.1	Cálculo de la Altura de Montaje	96
5.2.4.2	Obtención del Coeficiente de Utilización del Haz.....	97
5.2.4.3	Obtención del Factor de Mantenimiento.....	98
5.2.4.4	Cálculo del Número de Luminarias Necesarios.....	98
5.2.4.5	Disposición de las Fuentes de Luz.....	98
5.2.5	Etapa 5: Simulación y Verificación del Sistema de Iluminación.....	99
5.2.5.1	Simulación Lumínica del Campo de juego.....	99
5.2.5.2	Análisis de Resultados – Campo de Juego (Iluminación Horizontal)	101

5.2.5.3	Análisis Grafico de la Simulación – Plano Horizontal	104
5.2.5.4	Análisis de la Trama PA - Plano Vertical	108
5.2.5.5	Iluminación de Áreas Interiores y Complementarias.....	111
5.2.5.6	Iluminación de Emergencia en Interiores y Tribunas	118
5.2.5.7	Iluminación de Seguridad en el Campo de Juego.....	121
5.2.6	Etapa 6: Cálculo de la Demanda Máxima Requerida.....	125
5.2.7	Etapa 7: Diseño del Sistema de Automatización y Control	131
5.2.7.1	Arquitectura General del Sistema	132
5.2.7.2	Escenarios de Automatización Definidos	132
5.2.7.3	Sistema de Control Digital.....	144
5.2.7.4	Integración con Plataforma IoT	145
5.2.7.5	Resumen General y Análisis Comparativo de Escenarios	145
5.2.8	Etapa 8: Evaluación de Eficiencia Energética	146
5.2.8.1	Metodología de Evaluación	146
5.2.8.2	Cálculo del Consumo Energético Mensual.....	147
5.2.8.3	Consumo Estimado por Escenario	148
5.3	Conclusión.....	149
	CONCLUSIONES	150
	RECOMENDACIONES.....	152
	BIBLIOGRAFÍA	153
	ANEXOS	156
	Anexo 01: Solicitud de Elaboración del Proyecto de Iluminación del Estadio	156
	Anexo 02: Plano Arquitectónico de Ambientes Interiores del Estadio	158
	Anexo 03: Planimetría Técnica del Sistema de Iluminación y Control.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localización del Distrito de Urcos	2
Figura 2: Mapa de Micro Localización del Estadio Municipal de Urcos	3
Figura 3: Condiciones Actuales del Estadio Municipal de Urcos	4
Figura 4: Reflexión de la Luz	18
Figura 5: La Refracción de la Luz	19
Figura 6: La Difracción Producida por la Luz	20
Figura 7: Curva de la Sensibilidad del Ojo	21
Figura 8: Flujo Luminoso Producido y la Potencia Eléctrica Utilizada	22
Figura 9: Intensidad Luminosa Emitida en una Dirección Determinada.....	23
Figura 10: Altura de Montaje de los Dispositivos de Iluminación	27
Figura 11: Distribución Proyector en Implantación Lateral	28
Figura 12: Disposición de Iluminación Lateral	29
Figura 13: Altura de las Torres	30
Figura 14: Disposición Lateral Lineal de Proyectores.....	31
Figura 15: Proyector Cuatro Torres en Esquina	32
Figura 16: Distribución Proyectores en Implantación Torre Esquina	32
Figura 17: Disposición de las Torres en las Cuatro Esquinas.....	33
Figura 18: Disposición de Síes Torres	34
Figura 19: Sombras de las Graderías	35
Figura 20: Altura de Montaje de los Proyectores	37
Figura 21: Entorno del Software DIALux 4.13	40
Figura 22: Iluminancias y Uniformidades en Áreas Principales	52
Figura 23: Planificación de las Instalaciones Deportivas	54
Figura 24: Luminaria Arena Visión LED	68
Figura 25: Especificaciones técnicas de Arena Visión LED	69
Figura 26: Luminaria de la Serie Glomax LED.....	71
Figura 27: Datos técnicas de Serie Glomax LED	72
Figura 28: Versiones de Proyectores ECOBLAST para Estadios Deportivos	73
Figura 29: Datos Técnicos de Luminaria LED del Fabricante Schreder-Ecoblast.....	74

Figura 30: Luminaria LED para Estadios Serie TPL- FL05.....	75
Figura 31: Información Técnica de Serie TPL-FL05 de Topley Lighting LED.....	76
Figura 32: Estructura del Sistema de Iluminación DALI	80
Figura 33: Diagrama de Control DMX.....	81
Figura 34: Estructura del Sistema de Iluminación DMX.....	82
Figura 35: Estructura del Sistema KNX	83
Figura 36: Estructura de la Red Zigbee	84
Figura 37: Instalación de la Plataforma Interact Sports.....	85
Figura 38: Condiciones del Campo de Juego del Estadio Municipal de Urcos.....	92
Figura 39: Ubicación de las Torres de Iluminación.....	95
Figura 40: Administrador de Proyectos	100
Figura 41 : Importación de Plano CAD	100
Figura 42: Introducción del Campo Deportivo con sus Medidas	101
Figura 43: Iluminación del Estadio Municipal de Urcos con proyectores Arena Visión LED .	103
Figura 44: Iluminación del Estadio Municipal de Urcos con Colores Falsos.....	104
Figura 45: Direccionamiento de la Luz 2D.....	105
Figura 46: Isolíneas horizontal (Trama PA)	106
Figura 47: Gama de Grises para la Trama del Estadio (PA).....	107
Figura 48: Gráfico de Valores de Luxes para la Trama PA.....	108
Figura 49: Trama de Isolíneas Verticales	109
Figura 50: Gama de Gises Plano Vertical.....	110
Figura 51: Trama de Isolíneas Verticales	111
Figura 52: Vista 3D del Stand y Zona de Ingreso.....	115
Figura 53: Vista 3D del ambiente administrativo	116
Figura 54: Vista 3D del Vestuario o Camerino	117
Figura 55: Vista 3D de Escaleras y Pasillo de Circulación	118
Figura 56: Vista 3D de Oficina Administrativa con Iluminación de Emergencia.....	119
Figura 57: Vista 3D de Escalera con Iluminación de Emergencia	120
Figura 58: Vista 3D de Tribuna con Iluminación de Emergencia	121
Figura 59: Vista 3D-Simulación de la Iluminación de Seguridad	124
Figura 60: Simulación de Iluminación Escena 1- Partido Oficial (Liga)	134

Figura 61: Escenario de Entrenamiento con 60 luminarias al 40%.....	136
Figura 62: Circuito de Control y Monitoreo	138
Figura 63: Simulación de iluminación- Deportes Complementarios (300lux).....	139
Figura 64: Escenario de Eventos culturales/sociales - Iluminación con 60 luminarias al 60%. 141	
Figura 65: Simulación de iluminación- Ingreso del publico.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Reproduccion Cromatica Aproximado para una Fuente de Luz Específica ...	27
Tabla 2: Valores Estándar de CBU.....	37
Tabla 3: Valores del Factor de Depreciación del Artefacto.....	38
Tabla 4: Procedimiento Tecnico del Diseño de Iluminación Deportiva.....	41
Tabla 5: Símbolos de los Diferentes Tipos de Lampara	46
Tabla 6: Iluminación Recomendada Para Locales Deportivos	47
Tabla 7: Iluminación Recomendada Para Areas Deportivas Bajo Techo.....	48
Tabla 8: Selección de la Clase de Alumbrado	50
Tabla 9: Valores de Iluminancia según Normativa EN 12193:2020	51
Tabla 10: Categoría de Certamen	52
Tabla 11: Niveles de Iluminación no Transmitidos en HD	53
Tabla 12: Niveles de Iluminación para la Transmisión en HD.....	53
Tabla 13: Requisitos Normativos para la Iluminación de Emergencia.....	55
Tabla 14: Normas de Iluminación Para Campos Deportivos.....	60
Tabla 15: Cuadro de Evaluación para el Estadio Municipal de Urcos	61
Tabla 16: Procedimientos para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente	62
Tabla 17: Tecnologas de Iluminacion Aplicables a Campos Deportivos	67
Tabla 18: Análisis Comparativo de Luminarias y sus Tecnologias Integradas	77
Tabla 19: Tecnologías de Automatización y Control	78
Tabla 20: Resumen de Análisis Técnico de las Tecnologías de Automatización.....	85
Tabla 21: Escenarios Automatizados de Iluminación Deportiva.....	87
Tabla 22: Evaluación de Luminarias LED y su Compatibilidad con Tecnologías de Control.....	88
Tabla 23: Requisitos de Iluminacion Según FIFA.....	94
Tabla 24: Características Técnicas de la Lampara Elegida para el Campo de Futbol	96
Tabla 25: Comparación de Resultados de Iluminación vs. Requisitos FIFA Clase II.....	102
Tabla 26: Resultados de Análisis Vertical	111
Tabla 27: Niveles de Iluminación Recomendados (NTP EM.010)	112
Tabla 28: Resultados de la Simulacion de Areas Interiores	113
Tabla 29: Niveles de Iluminacia en Iluminación de Emergencia	118
Tabla 30: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 01	126

Tabla 31: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-01	126
Tabla 32: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 02	126
Tabla 33: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-02.....	127
Tabla 34: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 03	127
Tabla 35: Demanda Maxima y Caida de Tension Circuitos Adicionales 1	127
Tabla 36: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-03.....	128
Tabla 37: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 04	128
Tabla 38: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-04.....	128
Tabla 39: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 05	129
Tabla 40: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-05.....	129
Tabla 41: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 06	129
Tabla 42: Demanda Maxima y Caida de Tension Circuitos Adicionales 2.....	130
Tabla 43: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-06.....	130
Tabla 44: Demanda Maxima y Caida de Tension Circuitos Adicionales 3.....	130
Tabla 45: Demanda Maxima Total	131
Tabla 46: Escenarios de Iluminación.....	133
Tabla 47: Resumen General y Analisis Comparativo de Escenarios de Automatizacion	145
Tabla 48: Estimacion Mensual de uso por Escenario	147
Tabla 49: Comparacion de Consumo y Ahorro Energetico Mensual	148
Tabla 50: Consumo Energetico Mensual por Escenario.....	149

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Ámbito Geográfico

El “Estadio Municipal” de la ciudad de Urcos, capital de la provincia de Quispicanchi, ubicada en la región de Cusco, será tomado como caso de estudio para la tarea actual de diseñar un sistema de iluminación eficiente para campos deportivos.

1.2 Ubicación Geográfica

El distrito de Urcos es la capital de la provincia de Quispicanchi, la cual se creó el 2 de enero de 1857 por el mandatario Ramón Castilla, se sitúa a 3,158 msnm y está a 50 km alrededor de la Ciudad del Cusco. La población es de 10,614 pobladores (2017), con una densidad de 78.83 hab/Km².

La población está dedicada a la agricultura, la ganadería y el comercio primordialmente, la ciudad de Urcos es una especie de puerto comercial provenientes de Puerto Maldonado, Sicuani, Cusco y otras localidades.

La temperatura media anual de Urcos es de 12.3 °C , la temporada de lluvias es principalmente de octubre a marzo y la temporada de estiaje se muestra entre los meses de abril a setiembre, los sitios de interés son el templo de Qqoilloriti donde se da el encuentro de naciones quechuas y con alta solemnidad religiosa, además la Laguna de Urcos se constituye en un llamativo natural y es una reserva natural protegida, otro sitio arqueológico de enorme trascendencia pre-inca y en permanente investigación es el grupo arqueológico de “Batan Orcco”.

Por tanto, el presente proyecto tiene como área de influencia la provincia de Quispicanchi ubicada al sur del Perú, al sur oriente de la ciudad del Cusco. El diseño de un sistema de Iluminación para

el ahorro de energía eléctrica en el Estadio estará ubicado en el distrito de Urcos. La **figura 1** ilustra la localización del distrito y en ella está construida la infraestructura del estadio Municipal de Urcos.

Figura 1: Mapa de Localización del Distrito de Urcos



Fuente: mef.gob.pe

El distrito de Urcos tiene influencia en las diferentes zonas de la provincia de Quispicanchi como son: Quiquijana, Huaro, Cusipata, Marcapata, Ccatca, Marcapata y Ocongate principalmente.

Normalmente las actividades culturales están centradas en esta ciudad, así como el comercio; desde el punto de vista social, se constituye en un centro poblado en crecimiento con bastante incidencia política debido a la ubicación estratégica en la vía interoceánica que une Puno, Arequipa y la Ciudad del Cusco.

Deportivamente ha sido sede de encuentros de primera división a nivel nacional por lo que se espera que sus instalaciones deportivas sean mejorados y consecuentemente iluminados. Ver figura 2.

Figura 2: Mapa de Micro Localización del Estadio Municipal de Urcos



Fuente: Google maps (2025)

1.3 Definición del Problema

1.3.1 Planteamiento del Problema

En muchos campos deportivos del país se evidencian deficiencias en los sistemas de iluminación, los cuales no cumplen con los niveles requeridos de iluminancia establecidos por las normas técnicas. Esta situación se debe, en gran medida, a la inadecuada aplicación de normas nacionales e internacionales, al uso de tecnologías de iluminación poco eficientes y a la ausencia de metodologías de diseño técnico que integren criterios normativos y tecnológicos. Como consecuencia, se afecta la visibilidad durante las actividades deportivas nocturnas, se compromete la seguridad de los jugadores, espectadores y se limita la posibilidad de realizar eventos oficiales. El Estadio Municipal de Urcos no es ajeno a esta problemática, ya que carece de un sistema de iluminación artificial que garantice niveles adecuados de visibilidad y control lumínico. De acuerdo con los estándares técnicos, el campo debería contar con una iluminancia media mínima

de 500 lux para actividades deportivas no televisadas. El estadio se utiliza para partidos de ligas y clubes, entrenamientos, atletismo, eventos culturales y sociales, que requieren distintos niveles de iluminación. Tal como se muestra en la figura 3, el recinto presenta la ausencia de luminarias adecuadas y de un sistema de control adaptable.

Figura 3: Condiciones Actuales del Estadio Municipal de Urcos



Fuente: Elaboración propia (2024)

A estas limitaciones técnicas se suman factores sociales y económicos. La creciente demanda de espacios deportivos en Urcos requiere que el estadio pueda utilizarse durante la noche, promoviendo la integración juvenil y el desarrollo local. Además, optimizar su uso incrementaría la rentabilidad del recinto, generando ingresos destinados a mejoras de infraestructura y obras sociales. Por ello, las autoridades consideran prioritario diseñar un sistema de iluminación eficiente que garantice visibilidad, seguridad y operatividad acorde con las necesidades del estadio.

Ante esta realidad, surge la necesidad de diseñar un sistema de iluminación eficiente para el Estadio Municipal de Urcos, aplicando criterios técnicos y normativos, e incorporando tecnologías modernas de iluminación con un sistema de automatización inteligente que asegure una iluminación uniforme y eficiente.

El proyecto se enmarca en el enfoque de desarrollo de ingeniería, con el propósito de aplicar conocimientos técnicos y herramientas de diseño para proponer y desarrollar una solución

tecnológica integral, mejorando la infraestructura lumínica del estadio mediante un sistema moderno, automatizado y energéticamente eficiente.

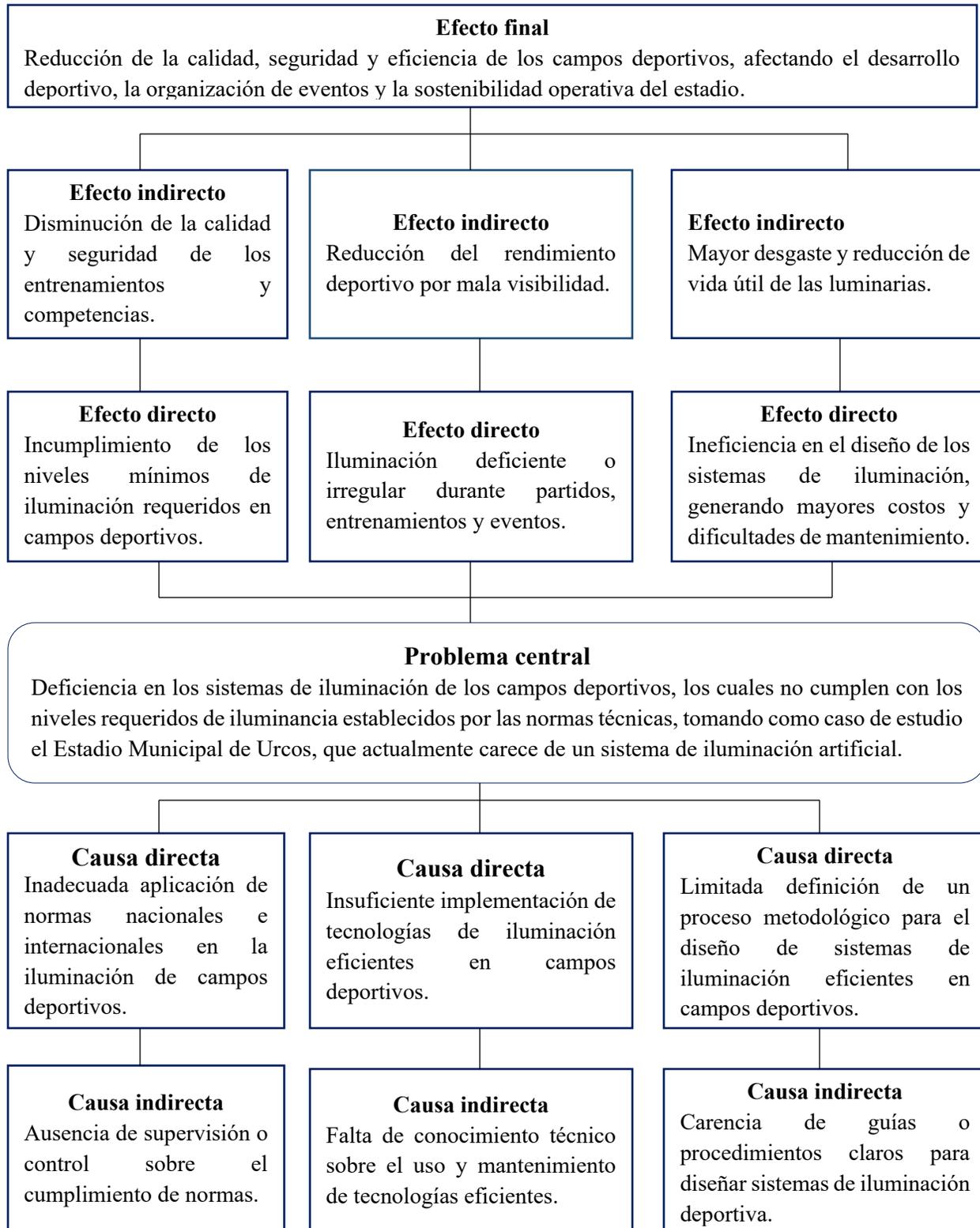
1.3.2 Problema General

Deficiencia en los sistemas de iluminación de los campos deportivos, los cuales no cumplen con los niveles requeridos de iluminancia establecidos por las normas técnicas, tomando como caso de estudio el Estadio Municipal de Urcos, que actualmente carece de un sistema de iluminación artificial.

1.3.3 Problemas Específicos

- Inadecuada aplicación de normas nacionales e internacionales en la iluminación de campos deportivos.
- Insuficiente implementación de tecnologías de iluminación eficientes en campos deportivos.
- Limitada definición de un proceso metodológico para el diseño de sistemas de iluminación eficiente en campos deportivos.

1.3.4 Árbol de Problemas



1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

El propósito principal del proyecto es:

“Diseñar un sistema de iluminación eficiente para campos deportivos, aplicando criterios técnicos y normativas vigentes, tomando como referencia el Estadio Municipal de Urcos”.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Aplicar normas nacionales e internacionales de iluminación deportiva para establecer los procedimientos técnicos necesarios en el diseño del sistema eficiente.
- Incorporar tecnologías de iluminación modernas y eficientes, considerando criterios técnicos, para su integración en el diseño del sistema.
- Aplicar una metodología estructurada basada en normas técnicas y tecnologías modernas para el diseño del sistema de iluminación eficiente del Estadio Municipal de Urcos.

1.4.3 Árbol de Objetivos



1.5 Justificación del Proyecto

A. Justificación Técnica:

Desde el punto de vista técnico, el campo deportivo en estudio presenta una limitación fundamental al no contar con iluminación artificial que permita su uso en condiciones óptimas. Por ello, se plantea el diseño de un sistema de iluminación eficiente que cumpla con los niveles de iluminancia, uniformidad e índice de deslumbramiento establecidos por las normas técnicas vigentes, garantizando condiciones adecuadas de visibilidad, seguridad y confort visual mediante el uso de luminarias modernas de alto rendimiento fotométrico y eficiencia energética.

B. Justificación Económica:

Se justifica económicamente por el ahorro en el consumo de energía eléctrica mensual al implementar un diseño de iluminación con luminarias eficientes. Además, al contar con una iluminación óptima, se permitirá un mayor uso de la instalación en horario nocturno, generando nuevas oportunidades de negocio y empleo para los habitantes, así como un impulso turístico y comercial.

C. Justificación Social:

El Estadio Municipal de Urcos, al contar con un Sistema de Iluminación eficiente, brindará comodidad y satisfacción a los usuarios de sus instalaciones, promoviendo el desarrollo de actividades deportivas y recreativas en condiciones adecuadas.

D. Justificación Ambiental:

El diseño considera el uso de luminarias eficientes que no contienen elementos tóxicos, lo que garantiza que ni durante su funcionamiento ni al momento de su disposición final generen impactos negativos en el medio ambiente.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

El presente proyecto comprende el diseño de un sistema de iluminación eficiente para el Estadio Municipal de Urcos, considerando los requerimientos técnicos necesarios para garantizar condiciones adecuadas de visibilidad, seguridad y operatividad durante las actividades que se realicen en dicho espacio. Para tal fin, se llevará a cabo el análisis y evaluación de los lineamientos

técnicos aplicables, la evaluación de tecnologías de iluminación actuales, la simulación mediante software especializado, el cálculo de demanda eléctrica y el planteamiento de un sistema de automatización orientado al control funcional de la iluminación del estadio.

Asimismo, el proyecto se enfocará principalmente en el diseño del sistema de iluminación para el campo de juego del Estadio Municipal de Urcos, contemplando de manera complementaria una simulación referencial para las zonas interiores y áreas complementarias, sin desarrollar un diseño detallado para estas últimas. Este diseño estará orientado a garantizar condiciones técnicas óptimas para el desarrollo de eventos deportivos, priorizando la uniformidad lumínica y el cumplimiento normativo.

Finalmente, el proyecto podrá servir como referencia técnica para la aplicación en otros espacios deportivos con características similares, siempre que se realicen los ajustes pertinentes en función de las condiciones arquitectónicas y técnicas propias de cada instalación.

1.6.2 Limitaciones

Una de las principales limitaciones del proyecto radica en que no se desarrollará el diseño del sistema de distribución eléctrica general del estadio. Si bien se presentarán planos generales que incluirán la ubicación referencial de tableros, canalizaciones y rutas de alimentación eléctrica, dichos elementos se representarán de manera esquemática y no se abordarán con el nivel de detalle requerido para su ejecución. Esto se debe a que el enfoque del proyecto estará centrado en el diseño del sistema de iluminación eficiente, dejando fuera componentes eléctricos de carácter global.

Asimismo, no se contemplará el análisis técnico de la conexión del sistema de iluminación a la red de media tensión, ni la evaluación de la infraestructura eléctrica externa existente. Esta exclusión obedece a que el proyecto se enfocará netamente en las soluciones internas de iluminación del recinto deportivo, sin extenderse al estudio de la red de distribución externa.

Finalmente, el proyecto no incluirá los metrados, las especificaciones técnicas detalladas, el presupuesto ni la evaluación económica del sistema de iluminación propuesto. Estos aspectos quedarán fuera del alcance del estudio, ya que el proyecto se centrará exclusivamente en el desarrollo técnico del diseño de iluminación, sin incorporar estimaciones de costos, presupuestos, análisis de inversión o rentabilidad. Dichas evaluaciones corresponderán a etapas posteriores o proyectos complementarios de carácter financiero.

1.7 Metodología del Proyecto

1.7.1 Enfoque y Diseño Metodológico del Proyecto

A. Enfoque del Proyecto:

El proyecto presenta un enfoque de desarrollo de ingeniería y tecnológico, orientado a la aplicación de principios eléctricos, normativos y fotométricos para el diseño de un sistema de iluminación eficiente. Se emplearán cálculos técnicos, simulaciones y análisis comparativos que permitan determinar parámetros óptimos como la selección de luminarias, alturas de montaje y sistemas de control automatizado, garantizando niveles adecuados de iluminancia, uniformidad y eficiencia energética.

B. Alcance Técnico del Proyecto:

El proyecto se centra en el diseño del sistema de iluminación del área de juego del estadio, considerando los requerimientos de visibilidad, seguridad y operatividad. Asimismo, se realizará una simulación referencial de las áreas interiores y zonas auxiliares, sin desarrollar un diseño detallado para estas últimas.

C. Procedimiento o Técnica de Desarrollo:

El proyecto sigue un procedimiento técnico que comprende el análisis y evaluación de las normas aplicables, la selección de tecnologías de iluminación modernas, el cálculo y dimensionamiento del sistema, la simulación fotométrica mediante software especializado (DIALux) y el diseño de un sistema de automatización basado en protocolos de control.

D. Diseño del Proyecto:

El diseño es de tipo aplicativo y comparativo, basado en la aplicación de criterios técnicos y en la evaluación de alternativas tecnológicas, sin manipular variables externas ni intervenir físicamente el entorno. Este enfoque permite elaborar una propuesta técnica, funcional y normativamente sustentada para la iluminación del estadio.

1.7.2 **Ámbito de Aplicación y Caso de Estudio**

A. Ámbito de Aplicación:

El ámbito de aplicación del proyecto comprende todos los recintos deportivos, en especial los estadios de fútbol clasificados como Clase II, ubicados en la región del Cusco, los cuales ascienden aproximadamente a diez instalaciones, según el portal *futbolperuano.com*.

B. Caso de Estudio:

El caso de estudio es el Estadio Municipal de Urcos con capacidad para 15 000 espectadores y cuatro tribunas, donde se desarrollan encuentros deportivos de clubes y ligas. Este estadio fue seleccionado de manera intencional por su representatividad y necesidad de un sistema de iluminación eficiente que garantice visibilidad, seguridad y operatividad.

1.7.3 **Técnicas para Obtener Información**

Para el desarrollo del proyecto se recopilará información técnica necesaria para el diseño del sistema de iluminación eficiente mediante:

- Inspección directa del estadio para revisar condiciones de iluminación y espacios de instalación.
- Revisión de documentación como planos arquitectónicos y especificaciones de luminarias.
- Registro de información técnica mediante fichas y tablas que permitan organizar los datos relevantes para el diseño.

1.7.4 **Procesamiento y Análisis Técnico**

La información recopilada será organizada y sintetizada para evaluar las tecnologías de iluminación modernas y eficientes, así como para realizar los cálculos necesarios de iluminancia, uniformidad y flujo luminoso. Posteriormente, se ejecutarán simulaciones en software especializado para validar que los niveles de iluminación cumplan con los requerimientos técnicos.

1.7.5 **Herramientas Técnicas**

El procesamiento y análisis se apoyará en herramientas digitales como:

- DIALux: para las simulaciones lumínicas y validación de parámetros fotométricos.
- AutoCAD: para el diseño del sistema de iluminación y la elaboración de planos del estadio.
- Microsoft Office (Word, Excel): para el registro de datos, cálculos y presentación de resultados.

1.8 Matriz de Planificación del Proyecto Tecnológico de Ingeniería

TITULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS – 2024”			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	ACTIVIDADES PRINCIPALES	CONCLUSIONES
Deficiencia en los sistemas de iluminación de los campos deportivos, los cuales no cumplen con los niveles requeridos de iluminancia establecidos por las normas técnicas, tomando como caso de estudio el Estadio Municipal de Urcos, que actualmente carece de un sistema de iluminación artificial.	Diseñar un sistema de iluminación eficiente para campos deportivos, aplicando criterios técnicos y normativas vigentes, tomando como referencia el Estadio Municipal de Urcos”	<ul style="list-style-type: none"> – Diagnostico técnico del estadio. – Análisis de requerimientos normativos nacionales e internacionales. – Calculo y dimensionamiento del sistema de iluminación. – Simulación lumínica y verificación del cumplimiento normativo. – Diseño del sistema de automatización y control. 	<p>Conclusión General: Como resultado del proyecto, se logró cumplir con el objetivo general de diseñar un sistema de iluminación eficiente para el Estadio Municipal de Urcos, aplicando normas técnicas nacionales e internacionales y utilizando tecnologías de iluminación modernas. El sistema desarrollado cumple con los criterios establecidos por la norma FIFA Clase II, alcanzando una iluminancia media de 609 lux, una uniformidad de 0.74 y un índice de deslumbramiento de 45, asegurando visibilidad, seguridad y confort visual en el campo de juego. La integración del sistema de automatización DMX- IoT permitió configurar escenarios de operación diferenciados, optimizando el uso energético y adaptando la iluminación a las distintas actividades del estadio. La evaluación de eficiencia energética mostro un ahorro del 51.9% en comparación con sistemas tradicionales de halogenuros metálicos, demostrando que la combinación de normas técnicas, tecnologías LED modernas y control inteligente permite una solución eficiente, flexible y sostenible, desarrollada para el estadio.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES PRINCIPALES	
<p>Problema Específico 1: Inadecuada aplicación de normas nacionales e internacionales en la iluminación de campos deportivos.</p> <p>Problema Específico 2: Insuficiente implementación de tecnologías de iluminación eficientes en campos deportivos.</p> <p>Problema Específico 3: Limitada definición de un proceso metodológico para el diseño de sistemas de iluminación eficiente en campos deportivos.</p>	<p>Objetivo Específico 1: Aplicar normas nacionales e internacionales de iluminación deportiva para establecer los procedimientos técnicos necesarios en el diseño del sistema eficiente.</p> <p>Objetivo Específico 2: Incorporar tecnologías de iluminación modernas y eficientes, considerando criterios técnicos, para su integración en el diseño del sistema.</p> <p>Objetivo Específico 3: Aplicar una metodología estructurada basada en normas técnicas y tecnologías modernas para el diseño del sistema de iluminación eficiente del Estadio Municipal de Urcos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Revisión y análisis de normas EM.010, DGE- 017, UNE – EN 12193 y FIFA. – Elaboración de cuadros comparativos de criterios técnicos. – Identificación de parámetros normativos aplicables al estadio. – Revisión de tecnologías modernas y sistemas inteligentes. – Evaluación técnica comparativa de luminarias. – Selección de luminaria optima par el estadio. – Definición del enfoque metodológico. – Aplicación de simulaciones y cálculos técnicos. – Verificación técnica de cumplimiento de normas. 	<p>Conclusión Especifico 1: Como resultado de la aplicación del primer objetivo específico, se lograron establecer los procedimientos técnicos para el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos, integrando normas nacionales como NTP EM.010 y DGE-017, y normas internacionales como UNE-EN 12193 y FIFA Clase II. El análisis técnico de criterios como iluminancia, uniformidad, índice de reproducción cromática, control de deslumbramiento y temperatura de color evidenció que la norma FIFA proporciona los lineamientos más completos y específicos para campos de futbol profesional, estableciendo un nivel de iluminancia de 500 lux, uniformidad ≥ 0.6, un IRC ≥ 65 y un índice de deslumbramiento GR ≤ 50. Las demás normas resultaron adecuadas para áreas complementarias, asegurando que estas cumplan con los estándares de funcionalidad y seguridad, garantizando un diseño técnicamente consistente y aplicable directamente en el estadio.</p> <p>Conclusión Especifico 2: Como resultado de la aplicación del segundo objetivo específico, se incorporaron tecnologías de iluminación modernas y eficientes en el sistema del Estadio Municipal de Urcos. La evaluación técnica determinó que la luminaria Arena Visión LED de Philips es la opción más adecuada, debido a su alta eficacia luminosa de 130 a 150 lm/W, un índice de reproducción cromática superior a 90 y compatibilidad con protocolos de control DMX, DALI e IoT. Esta tecnología garantiza iluminación de alta calidad, consumo energético reducido y mantenimiento mínimo, contribuyendo directamente a la eficiencia operativa del sistema y asegurando que la iluminación se adapte de manera flexible y sostenible a las distintas actividades del estadio.</p> <p>Conclusión Especifico 3: Como resultado de la aplicación del tercer objetivo específico, se realizó el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos mediante una metodología de ocho etapas: diagnóstico inicial, selección de normas, selección de tecnología, cálculos preliminares, simulación lumínica, cálculo de demanda eléctrica, diseño de automatización y evaluación de eficiencia energética. Se definieron cinco escenarios de operación: partidos oficiales, entrenamientos, deportes complementarios, eventos culturales e ingreso del público que permiten adaptar la iluminación a las distintas actividades del estadio, optimizando el consumo eléctrico. La simulación lumínica con DIALux verificó que 60 luminarias Arena Visión LED de 1010 W instaladas a 28 m de altura distribuidas en seis torres cumplen con los estándares FIFA Clase II, asegurando niveles de iluminancia, uniformidad y control de deslumbramiento adecuados. Esta metodología garantiza un diseño eficiente, flexible y aplicable directamente en el estadio.</p>

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En referencia a anteriores trabajos se tiene información de propuestas de diseño de iluminación de campos deportivos, entre los que se puede mencionar:

2.1.1 Internacionales

Contreras y Ponce (2022), se enfocaron en el **“diseño de un sistema de iluminación inteligente para el estadio ESPOL”**, con el objetivo de optimizar la eficiencia energética y mejorar la calidad de la iluminación en eventos deportivo. La metodología utilizada fue el enfoque cuantitativo y descriptivo, donde se realizaron simulaciones lumínicas con el software DIALUX EVO. Se evaluaron diferentes configuraciones de luminarias LED y sistemas de control automatizado. Como resultado, se logró una mejora del 35% en la uniformidad de la iluminación en comparación con el sistema anterior, lo que permitió una experiencia visual superior para los espectadores y atletas. Las conclusiones indicaron que la implementación de un sistema inteligente no solo reduce el consumo energético, sino que también permite ajustar la iluminación según las necesidades específicas de cada evento, contribuyendo así a un uso más sostenible de los recursos energéticos. Malagón y Sánchez (2021), desarrollaron un **“sistema de iluminación para el estadio Valeriano Gavinelli Bovio utilizando tecnología LED y sistemas fotovoltaicos”**. El objetivo del estudio fue diseñar una solución que garantizara niveles adecuados de luminosidad mientras se minimizaban los costos operativos. La metodología incluyó un análisis técnico del estado actual del sistema y la selección de luminarias LED adecuadas para el espacio. Los resultados mostraron un incremento de 40% en la eficiencia energética y una reducción del 50% en los costos de mantenimiento anual. Las conclusiones resaltaron que la combinación de tecnología LED y

energía solar no solo mejora la calidad de la iluminación, sino que también promueve prácticas sostenibles en el uso de energía en instalaciones deportivas.

2.1.2 Nacionales

Flores (2022), se propuso “**diseñar un sistema de iluminación inteligente para campos deportivos de alta competición**”, teniendo como objetivo principal asegurar estándares lumínicos óptimos para eventos deportivos. La investigación utilizó un enfoque experimental con simulaciones y mediciones en sitio. Se implementó un sistema domótico para ajustar automáticamente los niveles de luz según las actividades programadas. Los resultados indicaron una mejora del 45% en la percepción visual durante las competiciones nocturnas y una reducción del 30% en el consumo energético respecto a sistemas convencionales. En conclusión, se evidenció que un diseño lumínico inteligente no solo cumple con las normativas internacionales, sino que también maximiza el rendimiento deportivo al proporcionar condiciones óptimas para los deportistas.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Conceptos de la Electricidad Aplicados a la Iluminación

2.2.1.1 La Carga Eléctrica. Es todo elemento u equipo eléctrico que requiere ser alimentado o ser suministrado por energía eléctrica.

2.2.1.2 Estudio y Evaluación de la Carga Eléctrica. De conformidad al “Reglamento Nacional de Edificaciones” en el artículo 4°, que los requisitos se pueden hacer a través de uno de los dos métodos específicos en el “Código Nacional de Electricidad- Utilización”:

Técnica 1. Admitiendo las cargas a instalarse, los factores de demanda y simultaneidad que se conseguirán a lo largo de la ejecución de la instalación.

Técnica 2. Tomando en cuenta las cargas unitarias y los factores de demanda que establece el “Código Nacional de Electricidad” y las Reglas de la Dirección General de Electricidad que corresponden; el componente de simultaneidad en medio de las cargas va a ser asumido y justificado por el proyectista.

2.2.1.3 Caída de Tensión. Para determinar la caída de tensión de la carga o demanda máxima requerida, es necesario seguir ciertos procedimientos (Codigo Nacional de Electricidad-utilizacion, 2006).

En primera instancia se debe calcular la Intensidad máxima permitida y para ello se utilizará las siguientes ecuaciones:

En circuitos monofásicos:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\emptyset} \dots \text{Ecuacion (01)}$$

En el cual:

- I= intensidad eléctrica (A)
- P= potencia en (W)
- V= tensión (V)

En circuitos trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\emptyset} \dots \text{Ecuacion (02)}$$

Donde:

- $\cos\emptyset$ = Factor de potencia.

Luego de calcular la intensidad se debe calcular la corriente de diseño (I_d) para ello se utiliza la siguiente formula:

$$I_d = \frac{I}{0.8} \dots \text{Ecuacion (03)}$$

Ya teniendo los valores de la corriente de diseño, se procede a seleccionar la sección del conductor. Al seleccionar un conductor, se deben considerar varios factores clave: el tipo de alimentación (monofásico o trifásico), el material del conductor (cobre o aluminio), el aislamiento (PVC, XLPE, EPR, entre otros), la tensión de alimentación, los requisitos específicos, el método de instalación (aire, blindaje o canalización) y la temperatura de operación durante la instalación (Codigo Nacional de Electricidad-utilizacion, 2006).

Una vez obtenidos los valores necesarios, se puede calcular la caída de tensión, para lo cual es esencial conocer la sección transversal y la longitud del conductor. Es importante calcularla con precisión para asegurar que no exceda los límites permitidos.

$$\Delta V = K * I \left[\frac{\rho * L}{S} \right] * \cos\emptyset \dots \text{Ecuacion (04)}$$

En el cual:

- $\text{Cos}\theta$ = factor de potencia, 0.9
- ΔV = caída de tensión en voltios (V)
- L = longitud en m
- P = El coeficiente de resistividad del cobre para el conductor se expresa como $0.0175 \text{ Ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$.
- S = sección del conductor en mm^2
- K = esta constante es un parámetro que varía en función del sistema. El valor es de 1.73 para circuitos trifásicos y de 2 para circuitos monofásicos.
- γ = Conductividad

2.2.1.4 Sistema de Protección Eléctrica. Los sistemas de protección eléctrica están diseñados de diversas formas para proteger al personal y equipos de las instalaciones contra los peligros eléctricos y sus consecuencias, como caídas, descargas eléctricas, incendios, explosiones, etc. (Cabello Rivero & Sánchez Ortiz, 2010).

2.2.1.5 Instalaciones de Telecomunicación. La telecomunicación es un sistema de transmisión y recepción remota de señales, como símbolos, sonidos e imágenes, a través de medios electromagnéticos. Los mensajes pueden enviarse por medios cableados, donde los dispositivos están conectados físicamente, o por medios inalámbricos, donde no se utilizan cables, sino señales eléctricas (NFON, 2024).

2.2.2 Luminotecnia y Conceptos Relacionados

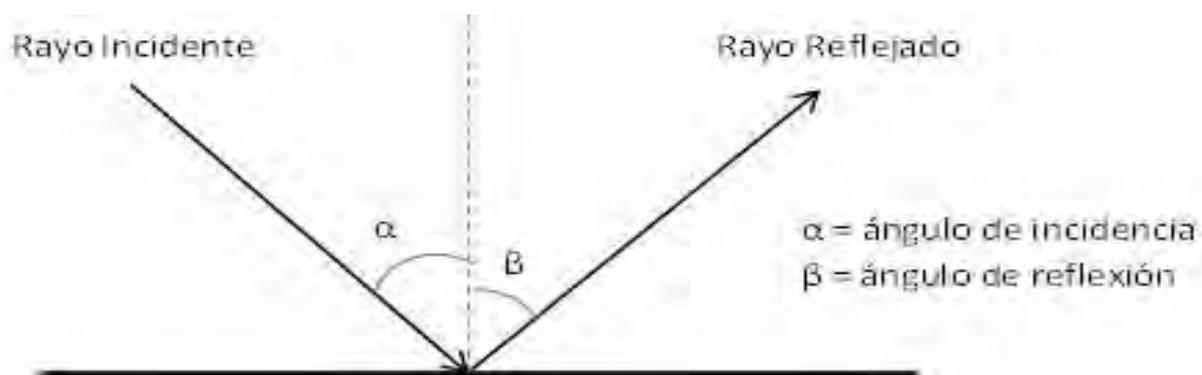
La luminotecnia, o ingeniería de iluminación, es el campo científico que se dedica al estudio de la producción, regulación y aplicación de distintas fuentes de energía lumínica. Para llevar a cabo el proceso de iluminación de manera efectiva, es necesario contar con una fuente de luz y al menos un objeto a iluminar.

2.2.2.1.La Luz. Según León (2007) la luz es descrita como la percepción generada por las ondas electromagnéticas en el ojo humano. Los campos electromagnéticos en constante variación transmiten energía en forma de vibraciones u oscilaciones a lo largo del espacio.

2.2.2.2. Propiedades de la Luz. La luz presenta las siguientes propiedades:

La reflexión: Es el fenómeno óptico en el cual la luz modifica su trayectoria al incidir sobre una superficie. Un ejemplo ilustrativo es la reflexión de la luz en un espejo opaco, como se puede observar en la figura 4. Esto se debe a la característica de su superficie, la cual es lisa y pulida.

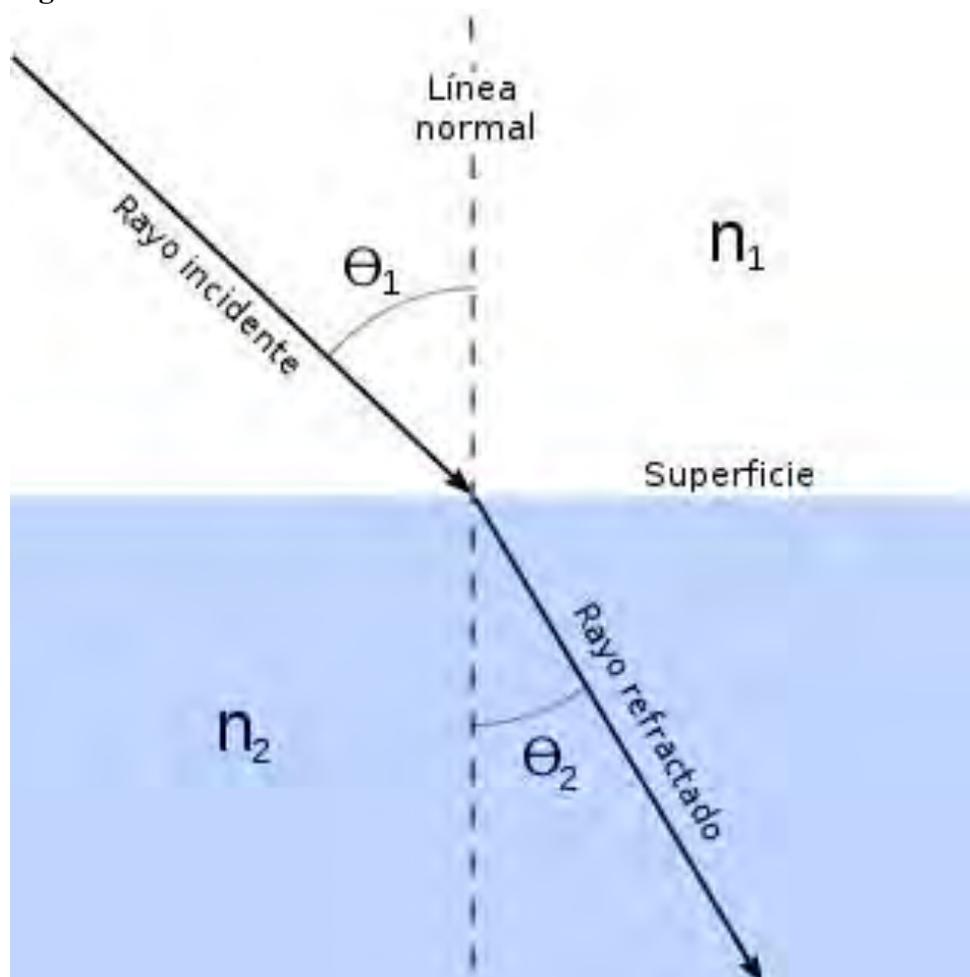
Figura 4: Reflexión de la Luz



Fuente: www.equiposylaboratorio.com

Refracción: Según AitanaTP (2021), “...la refracción es el fenómeno óptico que ocurre al cambiar la dirección de propagación de la luz al pasar de un medio a otro, por ejemplo, del aire al agua...”. (Ver figura 5).

Figura 5: La Refracción de la Luz

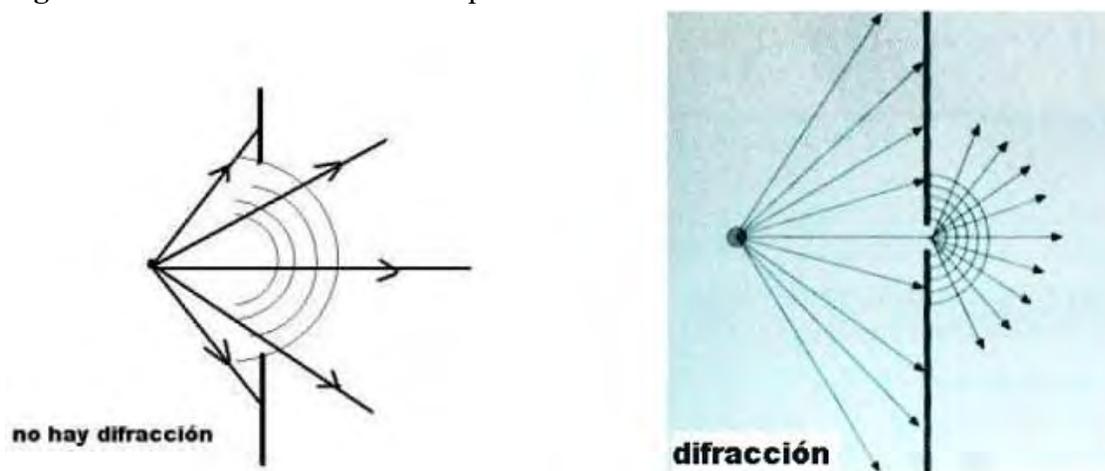


Fuente: www.equiposylaboratorio.com

Para AitanaTP (2021) esta propiedad de la luz se utiliza para ver objetos que son diferentes de su tamaño real. Esto se logra mediante el uso de lentes. Una lente es un objeto transparente con una superficie curva que refracta la luz.

La difracción: La difracción ocurre cuando un objeto con dimensiones similares o menores a la longitud de onda de la luz desvía su trayectoria. Es más notable cuando la distancia del objeto es pequeña en relación con la longitud de onda. La luz se curva al pasar por obstáculos o aberturas estrechas, lo que puede distorsionar la imagen, especialmente al observar a través de aberturas pequeñas o con aumentos máximos de telescopios y microscopios (Equipos y laboratorio, 2022). (Ver figura 6).

Figura 6: La Difracción Producida por la Luz



Fuente: www.equiposylaboratorio.com

Dispersión: Es la propiedad que separa la luz blanca en sus distintos colores componentes. La luz dispersa, también denominada espectro luminoso, es el objeto de estudio en cuestión (Cursos online web, 2022). Los arcoíris son un ejemplo destacado de la dispersión de la luz solar debido a la refracción en las gotas de agua.

2.2.2.3. Magnitudes Fundamentales. Según Blanca (2021), la luz es una manera de energía que se mide en Joule (J). Sin embargo, dado que la mayor parte de la luz producida por la fuente luminosa no produce total o parcialmente la percepción luminosa, la energía consumida no se convierte en luz, por lo que es necesario definir nuevas cantidades para poder determinar la cantidad de radiación sensible a el ojo humano. basado en unidades del Sistema Internacional de Medidas. Esta tecnología de iluminación ofrece los siguientes órdenes de magnitud:

A. Flujo luminoso (Φ):

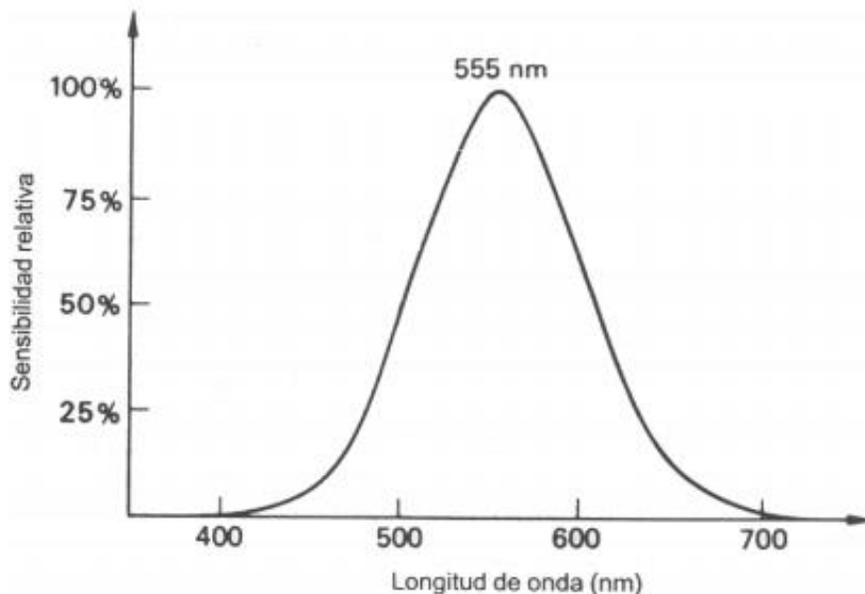
De acuerdo con León (2007)“...*el flujo luminoso se define como la magnitud de luz que emite una fuente luminosa, como una lámpara, en un intervalo de tiempo específico, expresado en segundos...*”. *El flujo de luz no depende de la dirección.* Por consiguiente, se emplea:

- Se debe señalar la emisión de luz proveniente de la fuente luminosa.
- Expresa la cantidad que se presenta en la superficie

Cuando se considera una fuente de luz, como una lámpara, el flujo luminoso es absorbido por el cuerpo de la lámpara. La distribución del flujo luminoso no es uniforme en todas las direcciones,

y en posición vertical, la intensidad de la luz disminuye debido a la acumulación de polvo y otros elementos (Leon, 2007). Ver figura 7.

Figura 7: Curva de la Sensibilidad del Ojo



Fuente: Esteves Espinoza, Gerardo Ramón (2007)

$$\Phi_l = \frac{dQ_l}{dt} \text{ (lm)} \dots \text{Ecuación (05)}$$

Donde:

- Φ_l = flujo luminoso.
- $\frac{dQ_l}{dt}$ = la cantidad de energía lumínica emitida por unidad de tiempo es la radiación luminosa.

B. Iluminación o iluminancia (E):

Se entiende iluminancia a la proporción de flujo luminoso que cae por unidad de superficie (Leon, 2007). La unidad de medida de la luminancia es el lux (lx) y su símbolo (E).

$$E = \frac{\Phi}{A} \text{ (lx)} \dots \text{Ecuación (06)}$$

Donde:

- E = iluminación o iluminancia.
- A = área iluminada

C. Intensidad luminosa (I):

Según Caminos (2011) “la intensidad luminosa se define como la cantidad de luz que se emite por unidad en la dirección de un ángulo sólido, representado por Ω , y se calcula mediante la fórmula $\Omega=(S/r^2)$ ”. La unidad de medida para la intensidad luminosa es la candela (cd), representada por el símbolo (I).

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \text{ (cd)} \dots \text{Ecuación (07)}$$

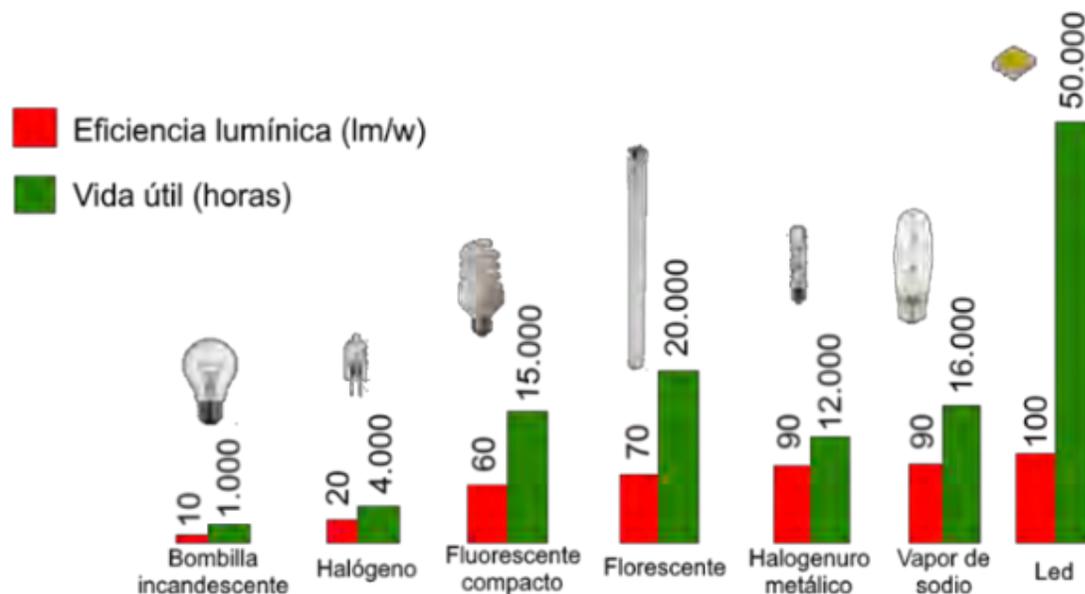
En el que:

- I= intensidad luminosa
- Φ = flujo luminoso
- Ω = ángulo solido de la fuente de luz

D. Eficiencia luminosa:

Según lo indicado por León (2007) “la eficiencia luminosa de una lámpara se determina por la relación entre el flujo luminoso que emite y la energía que consume el cual se mide en lúmenes por vatio (lm/W)”. La figura 8 ilustra que, a mayor altura, mejores resultados se obtienen.

Figura 8: Flujo Luminoso Producido y la Potencia Eléctrica Utilizada



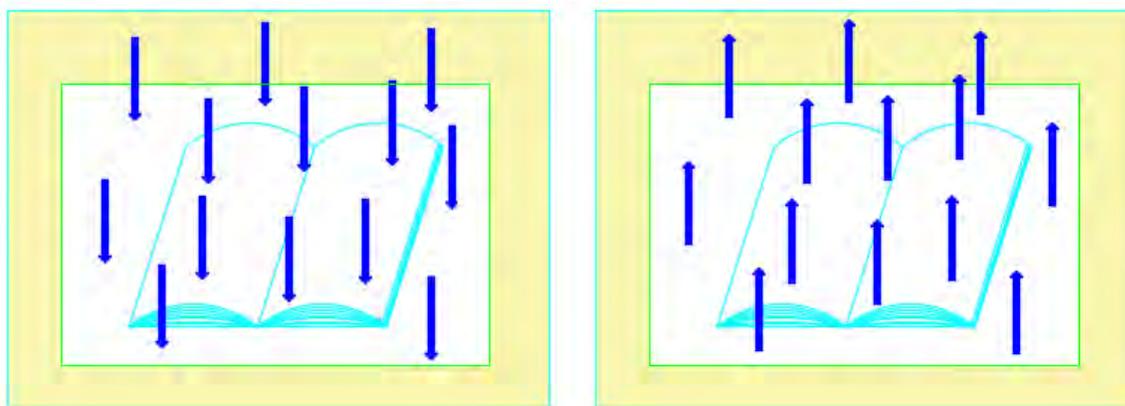
Fuente: León (2007)

$$\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}} = \text{Eficiencia luminosa (lm/W)} \dots \text{Ecuación (08)}$$

E. Luminancia:

Según León (2007) “...la luminancia se describe como la intensidad de la luminiscencia que emite una fuente de luz secundaria o una superficie iluminante en una dirección específica...”, tal como indica la figura 9. La unidad de medida se expresa en candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Figura 9: Intensidad Luminosa Emitida en una Dirección Determinada



Fuente: Elaboración propia

$$L = \frac{I}{S} \text{ (cd/m}^2\text{)} \dots \text{Ecuación (09)}$$

Donde:

- L= luminancia
- I= intensidad luminosa
- S= superficie aparente que es perpendicular a la dirección de la luz.

2.2.3 Sistema de Iluminación en Campos Deportivos

2.2.3.1 La Iluminación Eficiente en Campos Deportivos. La iluminación en espacios públicos e interiores, cumple un papel fundamental en la eficiencia energética porque consume una gran cantidad de energía eléctrica.

Con una uniformidad lumínica, eficiencia en el consumo y un diseño que aporte mucho dramatismo y emoción al desarrollo de un evento deportivo son los nuevos estándares que demanda la iluminación de espacios deportivos en la actualidad.

Cada deporte tiene diferentes requisitos de iluminación. La iluminación siempre debe asegurar la seguridad de los atletas y la deseable vista de los atletas, el público y los árbitros.

La eficiencia energética de instalaciones deportivas es un problema cada vez mayor para los gestores de estos centros. Los principales factores detrás de estos problemas son el aumento de los costes energéticos, los largos tiempos de funcionamiento y los mayores costes de mantenimiento, así como la dificultad de uso del proyector.

Los directivos, al ser más conscientes del uso adecuado de la iluminación, optan por soluciones eficientes y sostenibles, evitando el exceso de luz y priorizando el confort visual de deportistas, usuarios y visitantes. Por ello, es fundamental realizar un estudio lumínico considerando las características de cada instalación, como elementos arquitectónicos, practicidad y nivel de competencia.

2.2.3.2 Características de un Sistema de Iluminación Eficiente. Un sistema de iluminación eficiente en campos deportivos debe cumplir con una serie de características esenciales que lo hagan adecuado para las necesidades específicas de este tipo de instalaciones (Ledvance, 2024):

- **Uniformidad:** la luz debe distribuirse de manera uniforme en el campo, evitando sombras que puedan interferir con la visibilidad de los jugadores.
- **Nivel de iluminación:** un sistema eficiente debe proporcionar niveles de iluminación adecuados para el tipo de deporte y las necesidades del evento.
- **Reducción del consumo energético:** para lograr una iluminación eficiente, es fundamental reducir el consumo de energía sin comprometer la calidad, esto se logra utilizando sistemas de control que ajustan la iluminación según las necesidades.
- **Durabilidad y mantenimiento:** un sistema de iluminación eficiente debe tener una larga vida útil y bajos costos de mantenimiento.

2.2.3.3 La Importancia de la Iluminación Eficiente. Según Luxlite (2022), “... para realizar actividades deportivas durante la noche, el estadio deportivo debe contar con iluminación eficiente de alta intensidad, buena calidad de color y sin deslumbramiento. Además, es importante asegurarse de que la luz no incida sobre el área a exhibir para evitar distracciones y malentendidos. Deben operar de manera segura y sencilla”.

Al diseñar soluciones de iluminación eficiente para estadios deportivos se debe tener en cuenta tanto a los jugadores como a los espectadores, así como a las personas que viven cerca del estadio.

2.2.3.4 Consideraciones para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente. Según Ledvance (2024) “para diseñar un sistema de iluminación eficiente en un campo deportivo, se debe tomar en cuenta varios factores técnicos y operativos, entre estos factores se incluyen”:

- **Distribución de la luz:** un buen diseño debe garantizar que la luz se distribuya de manera uniforme por todo el campo de juego, sin crear áreas de sombra o sobre iluminación.
- **Ángulos de instalación y altura de las luminarias:** la correcta instalación de las luminarias es esencial para lograr una distribución adecuada de luz.
- **Sistema de control:** el uso de sistemas de control inteligente, como los reguladores de intensidad de luz. Pueden mejorar la eficiencia del sistema.

2.2.3.5 Impacto Ambiental y Energético de la Iluminación en Campos Deportivos. La iluminación de estadios deportivos puede ser una fuente importante de consumo energético, sin embargo, al implementar sistemas de iluminación eficientes, es posible reducir tanto el consumo de energía como la emisión de gases contaminantes. Esto contribuye a la mejora del entorno urbano donde se encuentran los estadios, minimizando la contaminación lumínica y optimizando el uso de los recursos energéticos disponibles.

2.2.3.6 Criterios de Iluminación de Campos Deportivos. Al elegir la metodología de iluminación para un estadio, se deben considerar las normativas de iluminación, incluyendo requisitos de confort visual, ahorro de energía y las necesidades del público. El objetivo es proporcionar un espacio adecuado tanto para el ejercicio como para el disfrute de los espectadores, asegurando que ambos aspectos se cumplan de manera efectiva.

A. Iluminación de plano horizontal (EH):

Según Ptolomeo Unam (2015), “*la iluminancia del plano horizontal es una medida de la iluminancia relativa al plano horizontal; En este caso, las mediciones se registran en el campo*”.

B. Iluminación de plano vertical (EV):

Para Ptolomeo Unam (2015), la iluminancia del plano vertical (E_v) en el estadio es la porción de luz recibida por las superficies verticales de los competidores a 1,5 metros por encima de la superficie del campo de juego. El plano vertical afecta significativamente la calidad del programa de televisión. Estos valores también afectan a la correcta visibilidad de la pelota ya que alcanzara

diferentes alturas en el campo; La iluminación vertical solo se tiene en cuenta cuando se utilizan equipos audiovisuales.

Según Ptolomeo Unam (2015) para preservar la percepción visual, es esencial que la iluminación del estadio garantice una adecuada uniformidad en los niveles de luz, tanto horizontal como vertical, evitando distorsiones en la imagen transmitida a la audiencia. El factor de uniformidad se representa mediante dos relaciones: entre los valores de luminancia mínima y máxima (U_1), y entre los valores de luminancia media y mínima (U_2). que:

$$U_1 = \frac{E_{minima}}{E_{maxima}}, U_2 = \frac{E_{minima}}{E_{media}} \dots \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

- U_1 : coeficiente de uniformidad
- E_{minima} : iluminancia mínima
- E_{maxima} : iluminancia máxima
- U_2 : coeficiente de uniformidad
- E_{media} : iluminancia media

En la iluminación de estadios deportivos, donde se desarrollan actividades físicas de alto rendimiento, existe el riesgo de deslumbramiento por la luz artificial, por lo que es importante orientar las luces con precisión para no afectar el desempeño del futbolista.

C. Uniformidad en la Iluminación:

Según OAK (2022), “el concepto de iluminación uniformidad es vinculado a la proporción entre la iluminación mínima y media en una zona. La calidad del efecto de iluminación y la experiencia visual están directamente influenciadas por la uniformidad de la distribución de la luz. La mayor uniformidad de distribución de la luz, el efecto de iluminación más agradable y la experiencia visual más satisfactoria. Sin embargo, menos uniformidad en la distribución de la luz puede resultar en una mayor fatiga visual”.

D. Índice de Reproducción Cromática:

Según Secom Iluminación (2020), la reproducción cromática, expresada como un índice de reproducción cromática (CRI) entre 0 y 100, (ver tabla 1), describe cómo una fuente de luz reproduce el color de un objeto y los cambios sutiles de tono para el ojo humano. Cuanto mayor sea el índice CRI, mejor será la reproducción del color.

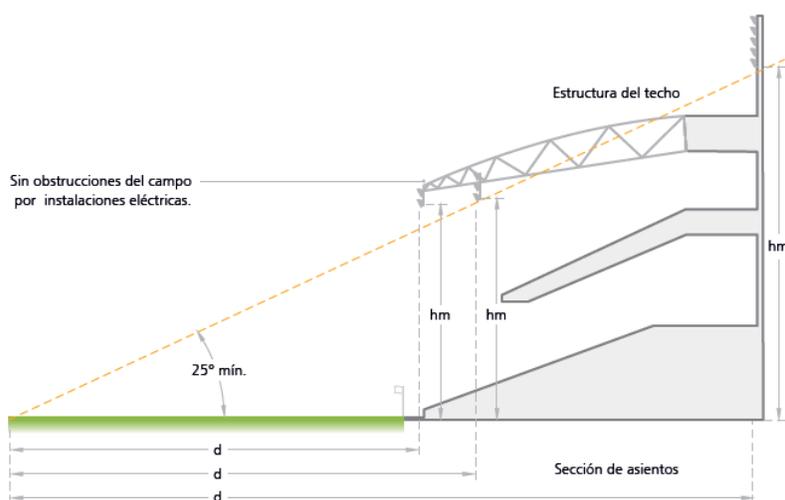
Tabla 1: Índice de Reproducción Cromática Aproximado para una Fuente de Luz Específica

Fuente de Luz	IRC
El sol	100
Lampara halógena, bombilla	100
El LED	60- 95
Luminaria fluorescente	85- 90
Lampara de sodio (farolas)	10- 20

Fuente: (Secom Iluminación S.L., 2020)

E. Altura de montaje de los dispositivos de iluminación:

Según Luxlite (2022) el sistema de iluminación depende de la altura de montaje de los accesorios. Cuando se observa desde el centro de campo, la altura de los soportes y varillas de las luminarias laterales debe ser de 25° sobre el horizonte. Los componentes de iluminación no deben superar los 25° mínimos recomendados, ni exceder los 45 grados (ver figura 10).

Figura 10: Altura de Montaje de los Dispositivos de Iluminación

Fuente: Normativa FIFA

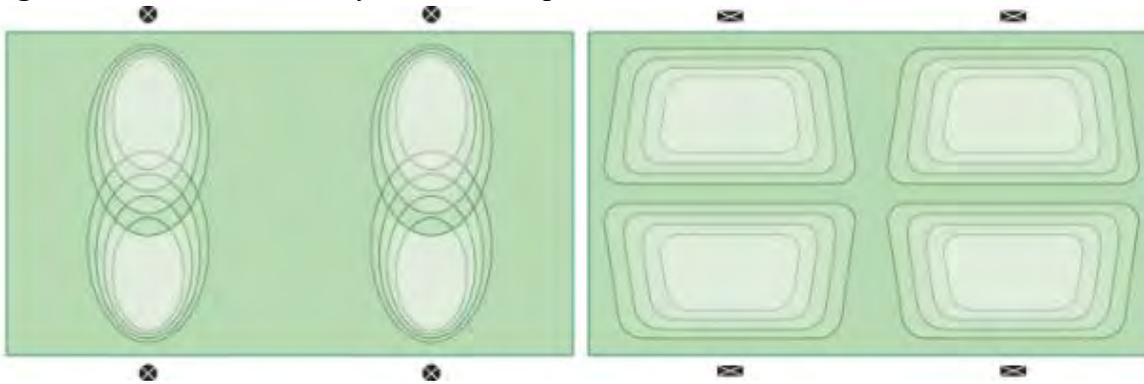
2.2.3.7 Sistemas de Iluminación por Proyección. La siguiente descripción del sistema de iluminación refleja principalmente las condiciones necesarias para el fútbol o competiciones similares, pero suele resultar satisfactoria cuando se celebran otros eventos en el estadio.

A. Sistema de iluminación lateral:

Se basa en colocar proyectores en grupos en columnas a cada lado de la pista y paralelos a un lado del campo de juego (Indalux, 2002).

Dependiendo de si se utiliza un proyector circular o rectangular, la distribución del campo se indica en la figura 11.

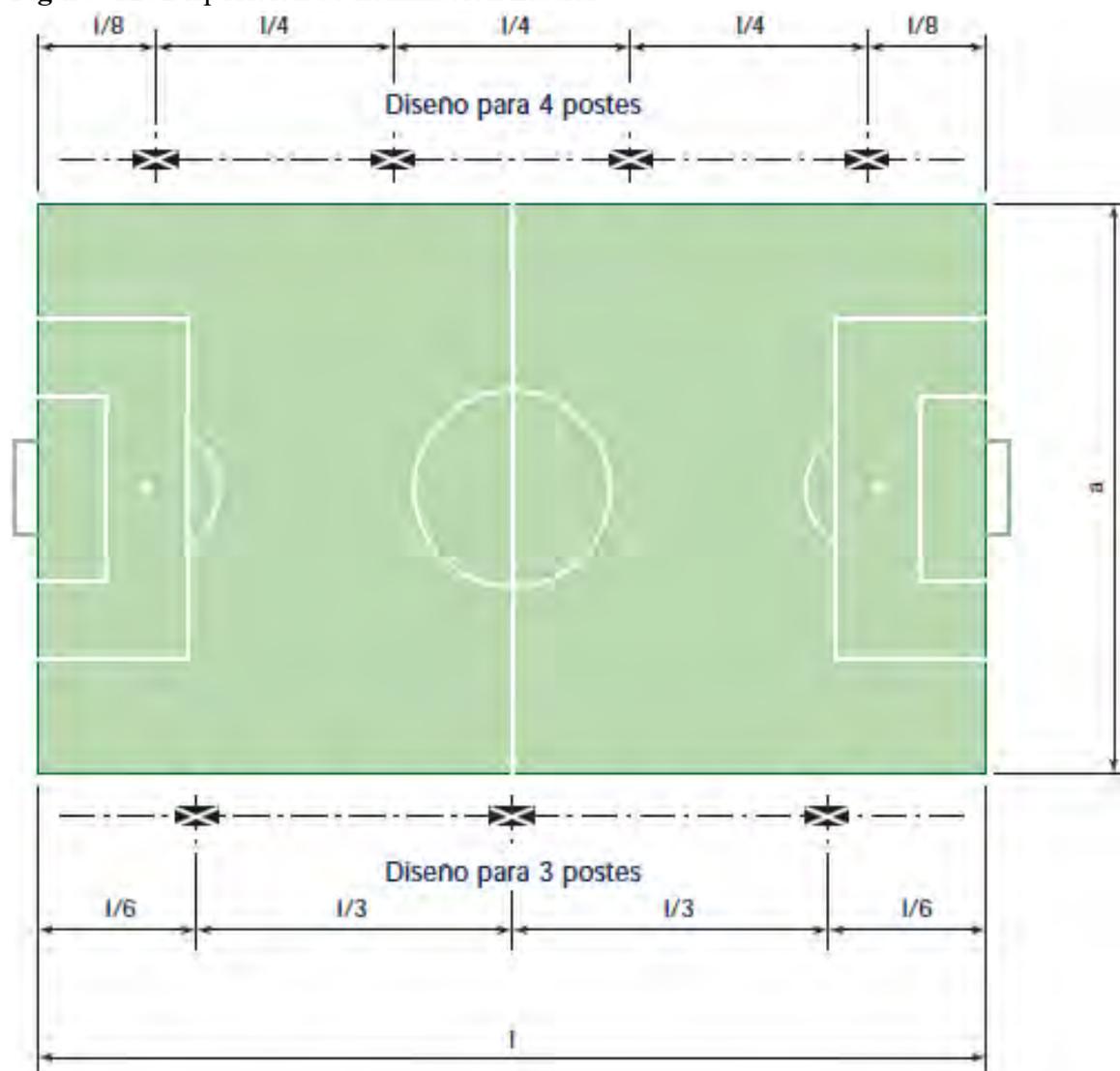
Figura 11: Distribución Proyectores en Implantación Lateral



Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

La figura 12 expone un sistema de iluminación lateral con 4 juegos de focos a ambos lados del campo. La parte inferior muestra el diseño de los 3 juegos de proyectores.

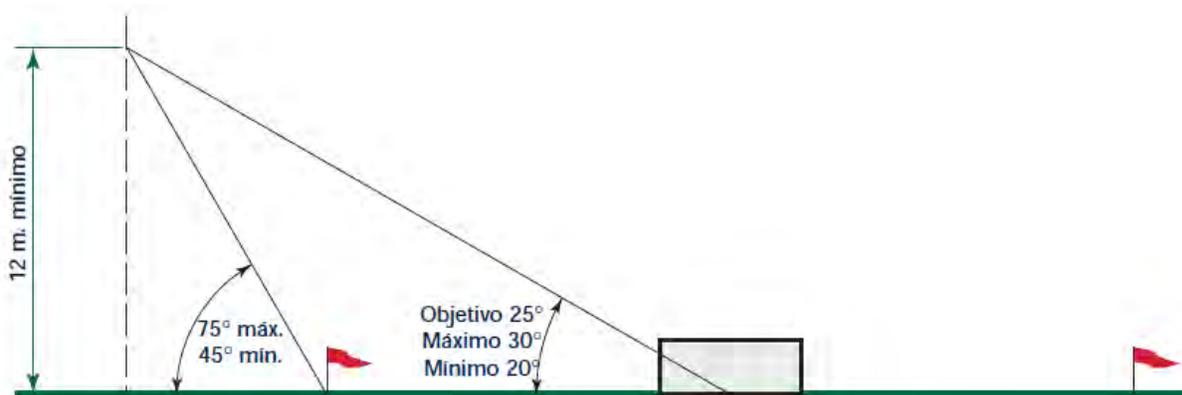
Figura 12: Disposición de Iluminación Lateral



Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

Las áreas de entrenamiento pequeñas se pueden iluminar desde menos posiciones, a veces solo desde un lado. La mayoría de los proyectos de iluminación lateral utilizan focos rectangulares simétricos y asimétricos (creando un haz en forma de abanico). Las alturas de montaje recomendadas se obtienen en la figura 13 con ángulos característicos medidos desde el centro del campo y líneas longitudinales en la línea lateral (Indalux, 2002).

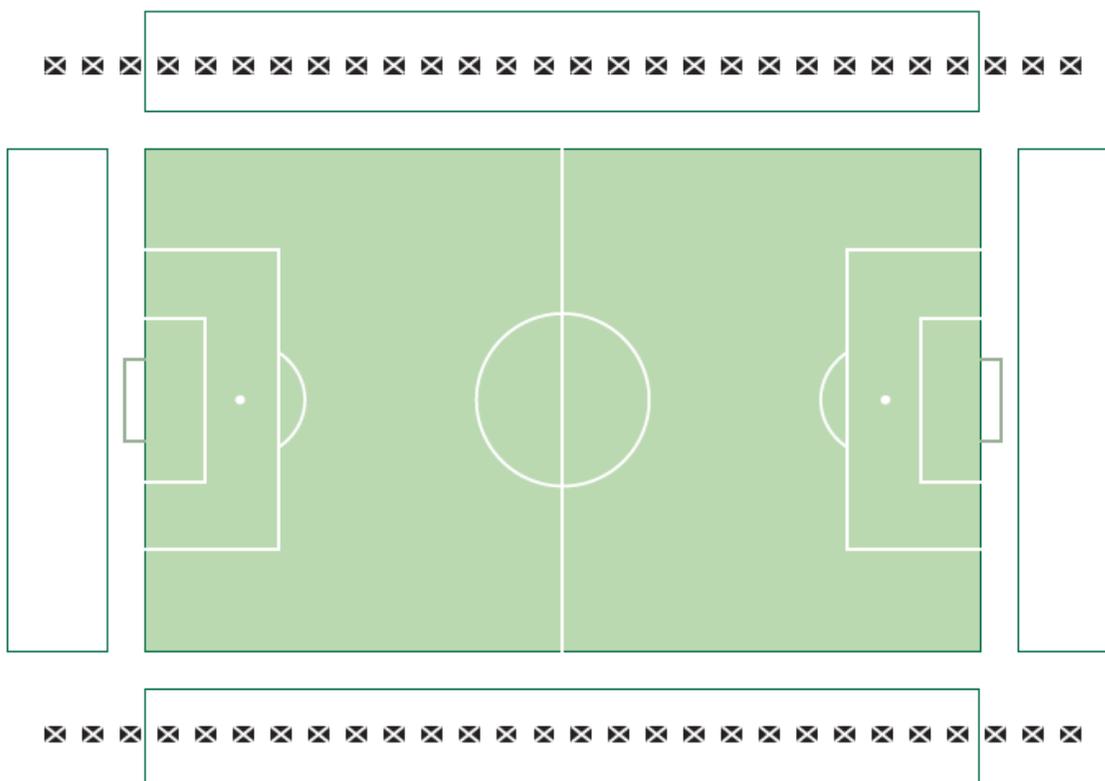
Figura 13: Altura de las Torres



Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

Al utilizar tres grupos de proyectores, el objetivo es lograr una iluminación uniforme, cubriendo desde niveles bajos para entrenamientos hasta altos para retransmisiones televisivas. La iluminación en el plano vertical es similar al plano horizontal, con sombras visibles. Es crucial apuntar los proyectores con precisión para evitar deslumbramientos innecesarios (Indalux, 2002). Los proyectores laterales se colocan en una fila debajo de cada lado del campo para proporcionar la iluminación necesaria para la televisión como se indica en la figura 14. Para asegurar una iluminación uniforme, especialmente en las áreas cercanas a las porterías, los focos deben extenderse más allá de las líneas de meta, aunque esto puede no ser práctico. En su lugar, los proyectores deben ubicarse al final de la línea de meta o apuntar hacia afuera para evitar una iluminación tenue, esto de acuerdo a la figura 15. Para evitar deslumbramientos, la iluminancia promedio en los planos vertical y horizontal debe ser similar. Si los proyectores están instalados en el techo, podría ser necesario añadir más proyectores para asegurar suficiente iluminación vertical en la línea lateral más cercana (Indalux, 2002).

Figura 14: Disposición Lateral Lineal de Proyectoros

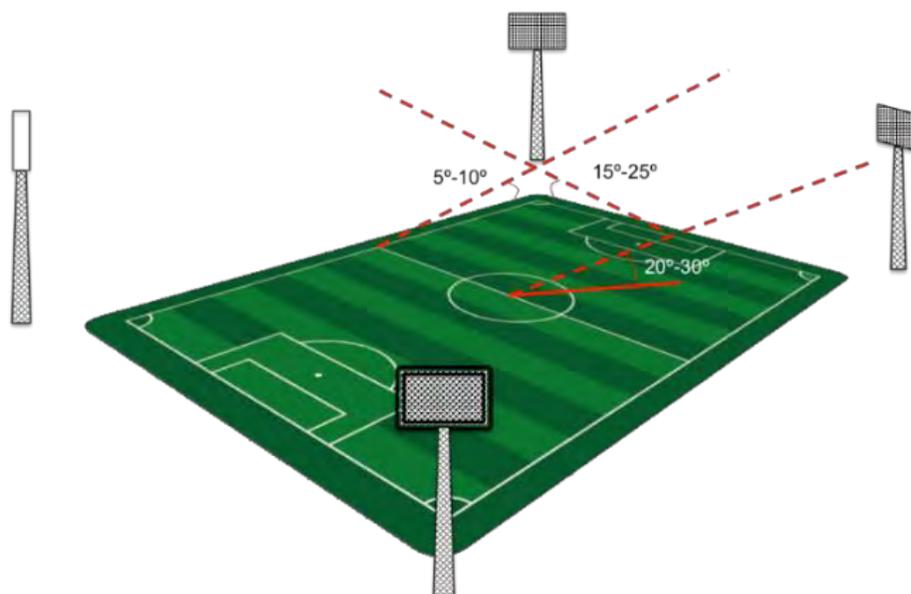


Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

B. Sistema de torres en las esquinas:

La disposición descrita se fundamenta en la instalación de cuatro postes de iluminación en las cuatro esquinas del terreno deportivo. La determinación precisa de la posición y ubicación se logra al emplear el ángulo de la Figura 15 para identificar tanto el centro del sitio como el centro del campo.

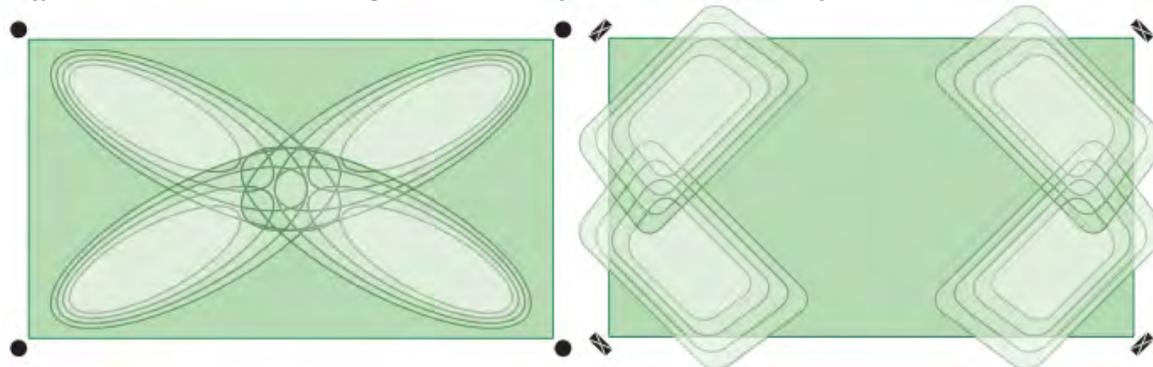
Figura 15: Proyector Cuatro Torres en Esquina



Fuente: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/iluminacionDeportiva>

La base de la torre se encontrará en la diagonal formada por la intersección de las líneas de puntos en la imagen. La figura 16 muestra la distribución en el campo de un proyector circular o rectangular.

Figura 16: Distribución Proyector en Implantación Torre Esquina



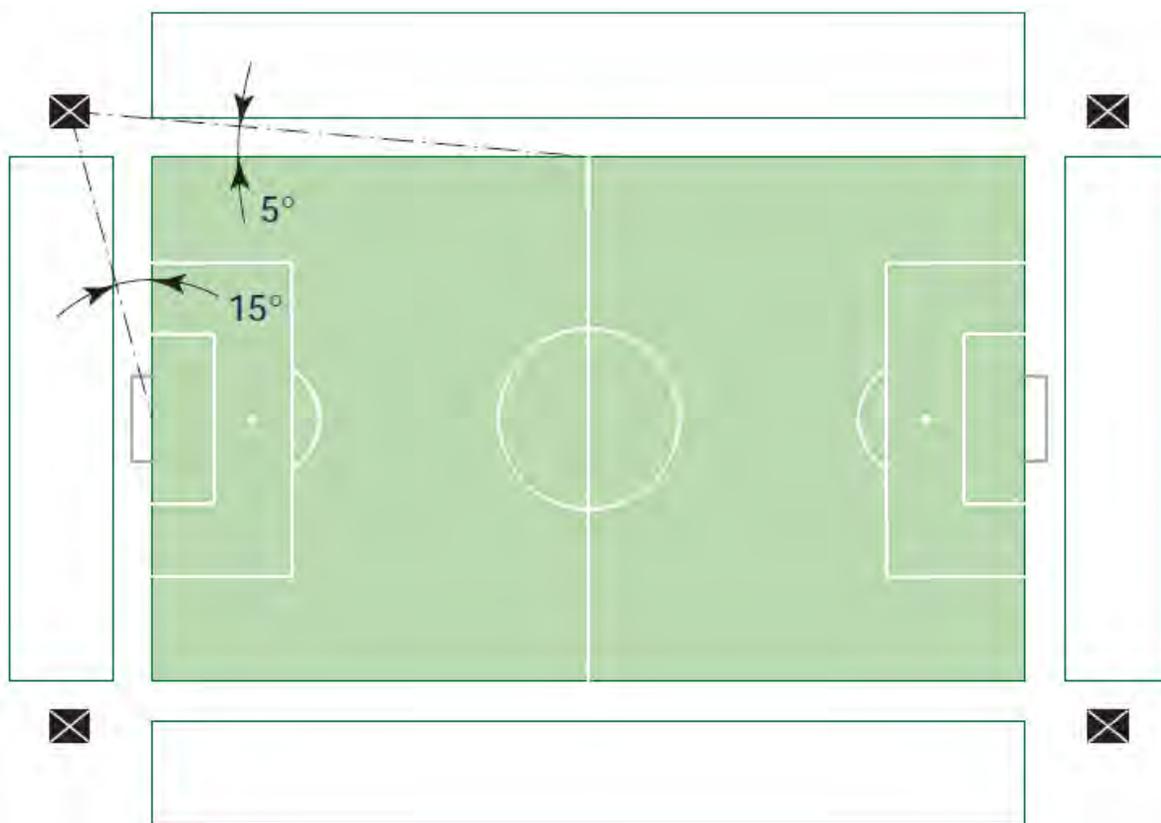
Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

La figura 17 muestra el diseño de las cuatro torres, mientras que la figura 13 indica la altura recomendada de la torre. Se usan proyectores circulares simétricos para crear haces simétricos, que pueden unirse para llenar los campos de juego. Los desplazamientos angulares de 5° y 15° desde el centro de la línea de banda y el poste de la portería, respectivamente, permiten ubicaciones

adecuadas para las torres. Sin embargo, el emplazamiento de la torre suele depender más del diseño del sitio que de los requisitos ideales de iluminación (Indalux, 2002).

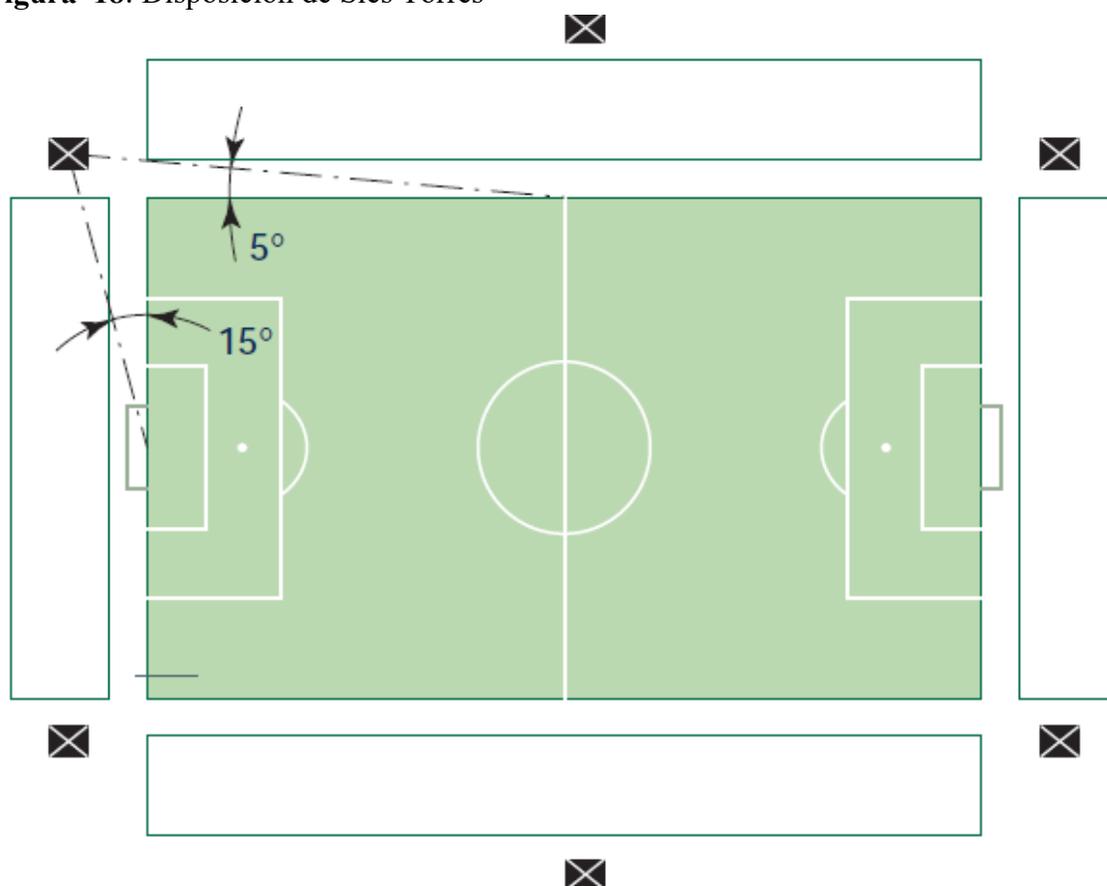
En estadios grandes, especialmente con pista de atletismo, lograr una iluminación adecuada en las cuatro esquinas puede ser complicado debido a los ángulos requeridos de la figura 17 y al resplandor excesivo de los proyectores remotos. Por esta razón, se prefiere un sistema de seis torres, como se muestra en la figura 18. La torre central tiene el doble de proyectores que las torres de las esquinas, y la altura de las torres se calcula desde el centro del campo, lo que permite un ángulo de visión nítido y un control eficaz del deslumbramiento (Indalux, 2002).

Figura 17: Disposición de las Torres en las Cuatro Esquinas



Fuente: Manual de iluminación INDALUX.

Figura 18: Disposición de Síes Torres

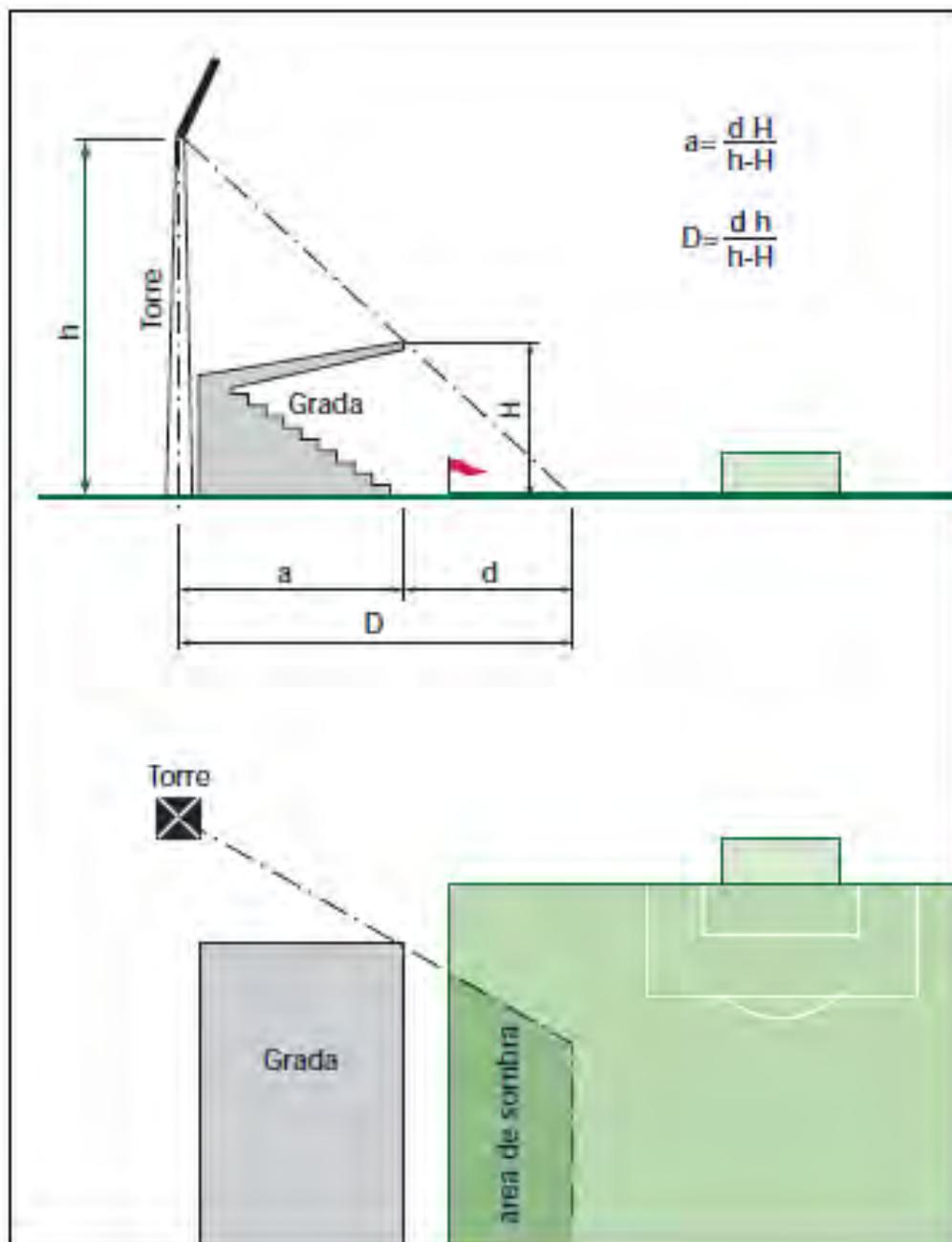


Fuente: Manual de iluminación INDALUX

C. Sombras de las gradas:

En la construcción, se pueden colocar sombras creadas por los techos de las gradas y otros obstáculos en el campo. La altura y posición de la torre deben seleccionarse de manera que no caigan sombras sobre el campo de juego si es factible. Si esto no es factible, se deben instalar reflectores adicionales en la parte superior del soporte, iluminando las áreas de sombra en el mismo ángulo promedio que los reflectores principales (Indalux, 2002), se señala en la figura 19.

Figura 19: Sombras de las Graderías



Fuente: Manual de iluminación INDALUX

2.2.3.8 Criterio para el Diseño de Montaje de Luminarias para Iluminación Deportiva.

El método de lámparas de lumen es el método utilizado para calcular la cantidad de lámparas de inundación necesarias para alcanzar un nivel de iluminación ideal en una zona específica. Para calcular la cantidad de farolas necesarias para la instalación, debe seguir las instrucciones siguientes:

Paso 1: disponer la posición de las torres

La geometría del área determina primero la ubicación de las torres, luego el sistema de iluminación, la distancia mínima entre el borde del estadio y la posición de la torre y, por último, el número de postes. Sin embargo, para evitar que los jugadores sean iluminados directamente, es necesario ubicar precisamente los postes de iluminación y dispositivos (Rizzolo Roustaiyan, 2000).

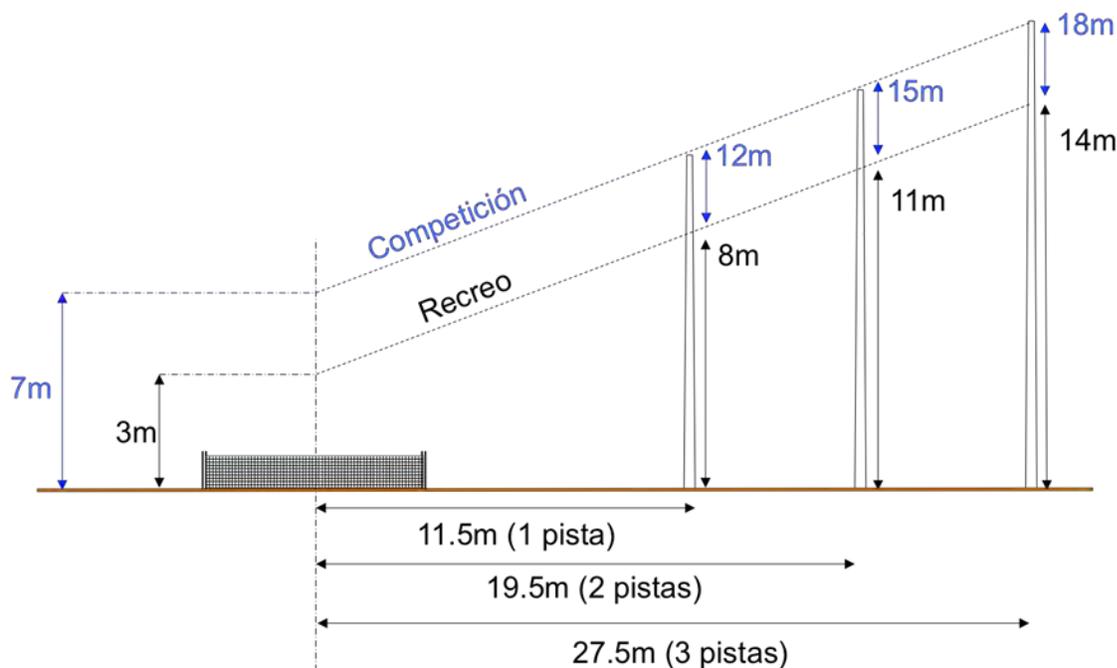
De acuerdo a la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), se emplea la siguiente expresión para calcular la distancia mínima entre el borde del estadio y la posición de la torre.

$$sb = \frac{\frac{\text{Ancho}}{2} * \text{Tag}(25^\circ)}{\text{Tag}(75^\circ) - \text{Tag}(25^\circ)} \dots \text{Ecuacion (11)}$$

Por otra parte, para determinar la altura mínima se debe utilizar la siguiente formula:

$$H \geq \text{Tag}(25) * \left(\frac{\text{Ancho}}{2} + sb \right) \dots \text{Ecuacion (12)}$$

Según el Manual de Iluminación (2018), "... A medida que se alarga la distancia entre el centro del campo y la parte inferior de la lámpara, aumentará la altura de montaje del proyector. Para evitar reflejos y sombras proyectadas, el eje horizontal y la línea que conecta el centro del campo con el centro del proyector deben estar siempre en un ángulo de 20 a 30 grados..." (ver figura 20).

Figura 20: Altura de Montaje de los Proyectoros

Fuente: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/iluminacionDeportiva-caracteristicas.php>

Paso 2: Definir el coeficiente de utilización del haz (CBU)

El sistema de iluminación seleccionado, las características fotométricas del proyector, las características de iluminación de la lámpara, el tamaño de las áreas específicas de interés, la altura y el desplazamiento de las columnas son algunas de las variables que inciden en este componente. Por lo general, el proveedor de iluminación suministra el CBU, lo cual facilita el cálculo. Sin embargo, si no lo proporciona, el proceso de cálculo se vuelve más complejo. Para esta investigación, afortunadamente, existen valores estándar de coeficientes de utilización que se basan en la experiencia. En consecuencia, los valores estándar correspondientes a cada tipo de deporte (Ptolomeo Unam, 2015). Ver tabla 2.

Tabla 2: Valores Estándar de CBU

Deporte	Valor de CBU
Beisbol	0.65
Futbol	0.6
Tenis	0.75

Fuente: (Ptolomeo Unam, 2015)

Paso 3: Determinar el factor de mantenimiento (fm)

El proveedor de las luminarias es responsable de proporcionar el factor de mantenimiento, el cual se calcula considerando la depreciación del flujo de lámpara (FDF) y la depreciación de la luminaria (FDS). Por consiguiente, el factor se determina de la manera siguiente.

$$f_m = FDF * FDS \dots \text{Ecuacion (13)}$$

Donde:

- FDP= depreciación del flujo de la lampara
- FDS= depreciación de la luminaria

La depreciación del flujo luminoso de una lámpara (FDF) es la proporción entre el flujo luminoso inicial y el flujo luminoso promedio (Rizzolo Roustaiyan, 2000).

$$FDP = \frac{\text{Lumenes}_{\text{inicial}}}{\text{Lumenes}_{\text{medios}}} \dots \text{Ecuacion (14)}$$

Por otro lado, la Depreciación de Existencias (FDS) se determina con base en las propiedades de los elementos fijos y la siguiente tabla.

Tabla 3: Valores del Factor de Depreciación del Artefacto

Tipo de luminaria	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Abierta no ventilada	0.90	0.8	0.71	0.64	0.56
Abierta ventilada	0.95	0.89	0.83	0.78	0.72
cerrada	0.97	0.93	0.88	0.83	0.78
Vidrio refractor o cerrada y filtrada	0.98	0.95	0.93	0.89	0.86

Fuente: Manual de iluminación.

Paso 4: Calcular el número de proyectores (N_p)

Para calcular el total de aparatos de iluminación que se va a requerir en un área determinada se utiliza la siguiente ecuación del método de los lúmenes (Rizzolo Roustaiyan, 2000):

$$N_p = \frac{E_{\text{med}} * \text{Area}}{\phi_{\text{has}} * \text{CBU} * f_m} \dots \text{Ecuacion (15)}$$

Donde:

- N_p = cantidad de proyectores
- E_{med} = nivel de iluminación media
- Área = superficie a iluminar
- Φ_{has} = flujo lumínico del haz (lm)
- CBU = coeficiente de utilización del haz
- f_m = factor de mantenimiento

Paso 5: Diseño de montaje de luminarias para iluminación deportiva

La disposición de las columnas se determina inicialmente por la geometría del espacio y posteriormente por consideraciones como el sistema de iluminación, los retranqueos y las proporciones de las columnas. Es necesario instalar los postes y accesorios de iluminación de manera que se prevenga la exposición directa de luz intensa a los deportistas (Rizzolo Roustaiyan, 2000).

Una vez calculado el número de proyectores (N_p), es posible determinar el total de luminarias por poste dividiendo el número de luminarias (N_p) entre el número de postes.

$$N_{pl \text{ postes}} = \frac{N_p}{N_{postes}} \dots \text{Ecuacion (16)}$$

2.2.3.1 Software DIALux: Procedimientos para Iluminación de un Estadio Deportivo.

DIALux es un software profesional ampliamente utilizado para el diseño, simulación y análisis de sistemas de iluminación, tanto interior como exterior. Permite modelar escenarios reales, calcular niveles de iluminancia y optimizar la ubicación y tipo de luminarias en proyectos como estadios, cumpliendo estándares internacionales y normativas locales. Para el diseño de iluminación en campos deportivos, se recomienda DIALux 4.13, ya que ofrece funcionalidades específicas para la planificación lumínica en estos espacios, mientras que DIALux evo esta más orientado a proyectos arquitectónicos en interiores y carece de algunas funciones necesarias para campos deportivos.

Figura 21: Entorno del Software DIALux 4.13

Fuente: Software DIALux 4.13

El menú de la figura 21 presenta tres opciones con las que se puede detallar el tipo de proyecto que se va a realizar, y estas opciones son las siguientes:

- Plan de interior (residenciales, edificios, oficinas, industria, etc.)
- Plan de exteriores (parques, estadios, etc.)
- Plan de calle (puentes, carreteras, etc.)

A continuación, se detalla los procedimientos técnicos para diseñar un sistema de iluminación eficiente en un estadio deportivo utilizando la versión de DIALux 4.13

Tabla 4: Procedimiento Técnico del Diseño de Iluminación Deportiva

Etapas	Descripción del Proceso	Observaciones Técnicas
1. Crear nuevo proyecto	Seleccionar la opción de “Proyecto exterior” y configurar el nombre.	Seleccionar tipo de área: campo de fútbol, estadio olímpico, etc.
2. Definir geometría	Dibujar el campo manualmente o importar planos (DWG/.DXF) con dimensiones reales.	Representación precisa del estadio o cancha deportiva.
3. Selección de normativa de iluminación	Seleccionar normativa vigente (ej. EN 12193, FIFA).	DIALux aplicara criterios técnicos preestablecidos (lux, uniformidad, URG, etc.).
4. Colocación de torres	Insertar mástil o torres en posiciones estratégicos alrededor del estadio.	Número y altura estratégica para una cobertura adecuada.
5. Seleccionar luminarias	Importar luminarias desde catálogos DIALux.	Elección de tipo LED, potencia, Angulo, distribución fotométrica.
6. Configurar ángulos y montaje	Ajustar altura, Angulo de inclinación y distancia de luminarias desde el eje del campo.	Orientación adecuada que maximiza la eficiencia y evita deslumbramientos.
7. Ejecutar simulación	Realizar el cálculo lumínico con parámetros establecidos.	Resultado en valores de lux, curvas isométricas, uniformidad, etc.
8. Analizar resultados	Validar si se cumplen con los requisitos.	Determinar si es necesario modificar la disposición de luminarias o su potencia.
9. Optimizar el diseño	Realizar iteraciones (ajustar cantidad, tipo o posición de luminarias)	Lograr equilibrio entre consumo energético y cumplimiento de criterios técnicos.

Fuente: Elaboración propia

2.3 Marco Conceptual

Eficiencia: se define como la utilización óptima de los recursos disponibles con el fin de lograr los resultados deseados.

Iluminación Eficiente: según LEDSolar, se refiere a la utilización de tecnologías y prácticas que minimizan el consumo energético mientras maximizan la calidad de luz.

Sistema de iluminación: Es el conjunto de equipos y tecnologías que asegurar niveles adecuados de luz, garantizando visibilidad, seguridad, confort visual y eficiencia energética.

Luminarias: Son dispositivos que soportar y conectar la lámpara a la red eléctrica, incorporando además propiedades ópticas, mecánicas y eléctricas para un funcionamiento eficaz.

Máxima demanda: Es el nivel más alto de consumo de energía eléctrica registrado en un intervalo de tiempo determinado.

Factor de demanda: Se define como la relación ente la demanda máxima registrada en un periodo determinado y la carga instalada total en el sistema o instalación.

Coefficiente de Utilización del Haz (CBU): Es un parámetro técnico que mide la eficiencia con la que una luminaria o proyector dirige la luz hacia el área objetivo.

Factor de mantenimiento (fm): Es un coeficiente que indica la proporción de flujo luminoso que se conserva en una instalación tras un tiempo de uso respecto al flujo inicial.

Campos deportivos: Un campo deportivo es un espacio físico diseñado y acondicionado para la práctica de diversas actividades deportivas.

Deslumbramiento: Es el nivel de brillo que es común en el campo de visión humano y puede causar irritación y malestar.

2.4 Marco Normativo

Las normas, códigos, reglamentos utilizados en el proyecto de iluminación. Son dadas por las entidades como es:

- “MINEM, Dirección General de Electricidad”
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- Otras entidades referentes

entre estas normas se encuentran.

- **“CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD”:**

Según el CNE- U (2006), su objetivo es establecer normas preventivas para proteger bienes, personas y animales de los riesgos asociados al uso de la electricidad. También tiene como alcance preservar el medio ambiente y conservar el bien cultural del país, objetivo de proteger propiedades, personas y animales de los riesgos asociados con el uso de electricidad. También tiene como objetivo preservar el medio ambiente y conservar el patrimonio cultural de la nación.

- **“NORMA DGE – TERMINOLOGIA EN ELECTRICIDAD”:**

La Norma Terminología en Electricidad (2006), tiene como objetivo facilitar la transmisión de información a lo largo de cualquier etapa del desarrollo, ejecución, operación o mantenimiento de un sistema eléctrico. y convenciones de símbolos tiene como objetivo facilitar la transmisión de información a lo largo de cualquier etapa del desarrollo, ejecución, operación o mantenimiento de un sistema eléctrico.

Según la Norma Terminología en Electricidad (2006), “es necesaria una disposición que regule el lenguaje utilizado en la definición de zonas eléctricas y por lo tanto es importante que esta disposición terminológica se desarrolle con el objetivo de actualizar y estandarizar la terminología usado. Con uso internacional establecer definiciones de términos o palabras comúnmente utilizadas en el diseño, operación y mantenimiento de sistemas eléctrico”.

- **Norma Técnica EM.010**

Norma peruana que establece los requisitos y criterios para el diseño y la instalación de sistemas de iluminación en espacios interiores. Esta proporciona lineamientos técnicos relacionados con el nivel de iluminación, uniformidad, seguridad, eficiencia energética, control de deslumbramiento, y otros aspectos fundamentales para garantizar una correcta visibilidad en entornos cerrados.

- **Norma Peruana de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos DGE 017:**

Esta norma se aplica a la siguiente iluminación: La disposición general incluye, áreas de trabajo, centros de aprendizaje y capacitación, áreas de circulación dentro de los edificios, áreas de descanso, instalaciones sanitarias, áreas de atención, áreas de trabajo y áreas de circulación exterior, así como áreas de almacenamiento y salas de descanso. Lugares de asistencia médica: hospitales, clínicas, centros médicos, etc. DGE (1982).

Recintos deportivos al aire libre, cubiertos, zonas de circulación y otros lugares. Museos, aparcamientos, garajes, anuncios y carteles, monumentos y fachadas de edificios, parques y jardines. DGE (1982).

▪ **Norma UNE-EN 12193:**

Su objetivo es estandarizar las superficies deportivas y las capas que las componen para las instalaciones deportivas cubiertas y al aire libre con consideraciones de seguridad para evitar lesiones y proporcionar una absorción de impactos adecuada para que los atletas estén protegidos. tipo de deporte. La resistencia al impacto, la resistencia al choque y la resistencia al sol también son factores de resistencia (Comite Tecnico CTN 72, 2020).

▪ **Norma FIFA:**

La Norma FIFA tiene como finalidad principal proporcionar un conjunto de reglas y estándares técnicos que regulan todos los aspectos relacionados con la práctica y organización del fútbol a nivel internacional. Estas normativas cubren una amplia gama de áreas, desde las dimensiones y características de los campos hasta la iluminación, seguridad y equipamiento utilizados en los estadios y durante los partidos.

CAPITULO III

NORMAS APLICABLES A LA ILUMINACIÓN DE CAMPOS DEPORTIVOS

3.1 Introducción

En el diseño de un sistema de iluminación eficiente para campos deportivos, resulta indispensable considerar las normas nacionales e internacionales que regulan los niveles de iluminación, la uniformidad, la reproducción cromática, la temperatura de color y los criterios de seguridad eléctrica. Estas normas constituyen la base técnica que permite garantizar la calidad visual, la seguridad de los usuarios y la eficiencia energética del sistema propuesto.

En este contexto, el presente capítulo tiene como propósito analizar y evaluar las principales normas aplicables a la iluminación de campos deportivos, con el fin de establecer los procedimientos técnicos necesarios para su correcta aplicación en el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos.

Las normativas consideradas incluyen la Norma Peruana DGE- 017, la NTP EM. 010, la Norma Europea UNE- EN 12193 y la Norma FIFA, todas ellas relevantes por su alcance y nivel de exigencia en proyectos de iluminación deportiva. El análisis comparativo de estas disposiciones permitirá determinar los requisitos fotométricos, eléctricos y de seguridad que servirán como referencia técnica para las etapas posteriores del proyecto, garantizando un diseño que cumpla con los estándares de eficiencia, visibilidad sostenibilidad energética.

3.2 Normas Aplicables a la Iluminación de Campos Deportivos

3.2.1 Norma Peruana de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos DGE 017

Esta norma tiene como fin establecer estándares para la preparación de proyectos para iluminación general, interior, residencial, sanitaria, campos deportivos y exteriores (DGE, 1982).

3.2.1.1 Iluminación Recomendada para Locales Deportivos. La Norma DGE- 017 establece niveles mínimos de iluminación para diferentes tipos de actividades deportivas, considerando aspectos como la uniformidad, el nivel de iluminación y en algunos casos la categoría del evento deportivo (entrenamiento, competencia local, nacional o internacional) (DGE, 1982).

Las tablas 5 y 6 proporcionan valores mínimos y recomendaciones para instalaciones de iluminación en cuanto a iluminancia nominal, uniformidad y tipos de luminarias para espacios interiores y exteriores y eventos deportivos.

Tabla 5: Símbolos de los Diferentes Tipos de Lampara

Símbolo	Lampara
a	Lámparas incandescentes y lámparas incandescentes halógenas
b	Lámparas fluorescentes
c	Lámparas de vapor de mercurio
d	Lámparas de vapor de metal halógeno
e	Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Fuente: Norma DGE 017-AI-1/1982

Tabla 6: Iluminación Recomendada Para Locales Deportivos

1 Tipo de local deportivo o deporte	2 Iluminación nominal horizontal		3 Uniformidad $G_h = E_{min}/E_h$		4 Tipo de lampara		5 Observaciones
	Entrenamiento Lux	Competencia Lux	Entrenamiento	Competencia	Entrenamiento	Competencia	
Futbol, atletismo (exterior) distancia del espectador al deportista hasta:	100	-	1:3	-	a, c, d, e	-	Al exterior Disposición de las lámparas a lo largo de los lados fuera del campo deportivo. La altura de las fuentes de luz se debe fijar tomando en consideración el deslumbramiento y la distribución de la iluminación.
120 m	-	200	-	1:2	-	a, d	
160 m	-	300	-	1:1.5	-	a, d	
200 m	-	500	-	1:1.5	-	a, d	
Fulbito, basquetbol, voleibol							La altura para el tenis debe ser no menor de 9m para un campo y de 12m para dos campos deportivos.
- Exterior	100	200	1:2	1:1.5	a, c, d, e	a, d	
- Interior	200	400	1:2	1:1.5	a, b, d, e	a, b, d	
Tenis, Badminton							Al interior Techo claro con un grado de reflexión mayor a 0.70, es exigible. Para los límites de deslumbramiento se debe considerar el punto 4.4 para las instalaciones se debe seleccionar la clase de calidad. 1.
- Exterior	200	400	1:2	1:1.5	a, c, d, e	a, d	
- Interior	200	400	1:2	1:1.5	a, b, d, e	a, b, d	
Tenis de mesa, esgrima (int.)	300	500	1:2	1:1.5	a, b, d, e	a, b, d	
Boxeo (interior)	300	1500*	1:2	1:1.5	a, b, d, e	a, d*	
Lucha, Judo, Karate, Levantamiento de pesas, ciclismo (interior)	200	400	1:2	1:1.5	a, b, d, e	a, b, d	Para el tenis la disposición de las lámparas debe ser a lo largo de los lados del campo deportivo.

*alumbrado adicional solo para el ring.

3.2.2 Norma Técnica EM.010

La Norma Técnica EM.010 (2019), se centra en los requerimientos de iluminación para espacios interiores, pero algunos de sus principios son aplicables a la iluminación de áreas deportivas bajo techos, como gimnasios o pabellones deportivos tal como se muestra en la **tabla 7**. En el contexto de un estadio al aire libre, muchos de los parámetros establecidos son útiles para aplicaciones generales de iluminación en entornos cerrados.

Tabla 7: Iluminación Recomendada Para Areas Deportivas Bajo Techo

2. Educación						
N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	URG_L	U_0	R_a	Requisitos específicos
	Sala de juegos	300	22	0.40	80	Debe evitarse altas luminarias en las direcciones de visión desde abajo
	Guarderías	300	22	0.40	80	mediante la utilización de coberturas difusas
	Sala de manualidades	300	19	0.60	80	
	Aulas de profesores	300	19	0.60	80	
	Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	0.60	80	La iluminación debe ser controlable
	Salas de lectura	500	19	0.60	80	La iluminación debe ser controlable para colocar varias A/V necesarias
	Zona de pizarra	500	19	0.70	80	Deben evitarse las reflexiones especulares. el presentador/profesor debe iluminarse con la iluminación vertical adecuada
	Mesa de demostraciones	500	19	0.70	80	En salas de lectura 750 lx
	Locales de artes y oficios	500	19	0.60	80	
	Locales de artes (en escuelas de arte)	750	19	0.70	90	$5\ 000\ K \leq T_{CP} < 6\ 500\ K$
	Salas de dibujo técnico	750	16	0.70	80	
	Locales de prácticas y laboratorios	500	19	0.60	80	
	Aulas de manualidades	500	19	0.60	80	
	Taller de enseñanza	500	19	0.60	80	

2. Educación						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	URG_L	U_0	R_a	Requisitos específicos
	Locales de prácticas de música	300	19	0.60	80	
	Locales de prácticas de computación	300	19	0.60	80	
	Laboratorio de idiomas	300	19	0.60	80	
	Locales y talleres de preparación	500	22	0.60	80	
	Vestíbulo de entrada	200	22	0.40	80	
	Áreas de circulación, pasillo	100	25	0.40	80	
	Escaleras	150	25	0.40	80	
	Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones	200	22	0.40	80	
	Locales de maestros	300	19	0.60	80	
	Biblioteca: estanterías	200	19	0.60	80	
	Biblioteca: áreas de lectura	500	19	0.60	80	
	Almacén de material de profesores	100	25	0.40	80	
	Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	0.60	80	En caso de no existir norma internacional véase la Norma EN 12193 para las condiciones de entrenamiento
	Cocina	500	22	0.60	80	

Fuente: Norma Técnica EM.010

3.2.3 Norma UNE-EN 12193

La Norma UNE-EN 12193 es una norma europea que define los requisitos de iluminación de las instalaciones deportivas. De esta manera se revelan aspectos como las técnicas y métodos de colocación que normalmente se deben utilizar en este tipo de espacios (Comite Tecnico CTN 72, 2020).

La Norma EN 12193 indica los niveles de iluminación de los campos deportivos en función a su utilización, clasificando la iluminación en tres tipos basándose en el nivel de competición tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Selección de la Clase de Alumbrado

Nivel de Competición	Clase de Alumbrado		
	I	II	III
Internacional y Nacional	X		
Regional	X	X	
Local	X	X	X
Entrenamiento		X	X
Recreativo/deportes escolares (Educación física)			X

Fuente: Norma UNE-EN 12193:2020

- **Clase I.** “competiciones de más alto nivel. Competiciones nacionales e internacionales. Normalmente acude un gran número de espectadores y los campos deportivos son grandes”.
- **Clase II.** “Competición de nivel medio. Partidos de competición regional o de clubes local. Implica generalmente capacidades de tamaño medio de espectadores” (Comite Tecnico CTN 72, 2020).
- **Clase III.** “Competiciones de bajo nivel tal como competiciones locales o de clubes pequeños que generalmente no implica espectadores. También se realizan entrenamientos en general” (Comite Tecnico CTN 72, 2020).

La norma UNE-EN 12193:2020 se centra en la tecnología de iluminación para instalaciones deportivas, abarcando aspectos generales y específicos, como las necesidades de cada deporte y la percepción del público.

3.2.3.1 Niveles de Iluminancia para Campos Deportivos. La EN 12193:2020, publicada por el Comité Europeo de Normalización (ECS), es el único estándar europeo de iluminación válido. Los requisitos de iluminación para diferentes escalas se detallan en la tabla 9, y los niveles de iluminación dependen principalmente de la habilidad.

Tabla 9: Valores de Iluminancia según Normativa EN 12193:2020

Exterior		Área de referencia		Números de puntos de la retícula		
		Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura	
Futbol americano	PA	110 a 117.5	55	21	9 a 11	
Baloncesto	PA	28	15	13	7	
	TA	32	19	15	9	
Vóley playa	PA	26 a 28	18 a 20	13	9	
Fistball	PA	50	20	17	7	
	TA	66	32	17	9	
Floorball	PA	40	20	15	7	
	TA	43	22	15	7	
Futbol	PA	100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15	
	TA	108 a 118	72 a 83	21	13 a 15	
Futbol (5/6)	PA	30 a 40	18.5 a 20	13 a 15	9	
	TA	44	24	15	9	
Balonmano	PA	40	20	15	7	
	TA	44	27.5	15	9	
Korfball	PA	40 a 60	20 a 30	15 a 17	7 a 9	
Netball	PA	30.5	15.3	13	7	
	TA	37.5	22.5	15	9	
Rugby	PA	144	69	23	11	
	TA	154	79	23	11	
Juego de la soga (tugo f war)		-	-	-	-	
Voleibol*	PA	24	15	13	9	
Clase	Iluminancia horizontal			R_G	R_a	
	$E_{hor Ave} lx$	U_{2hor}				
	I	500	0.70	-	55	70
	II	200	0.60	-	55	60
III	75	0.50	-	55	60	

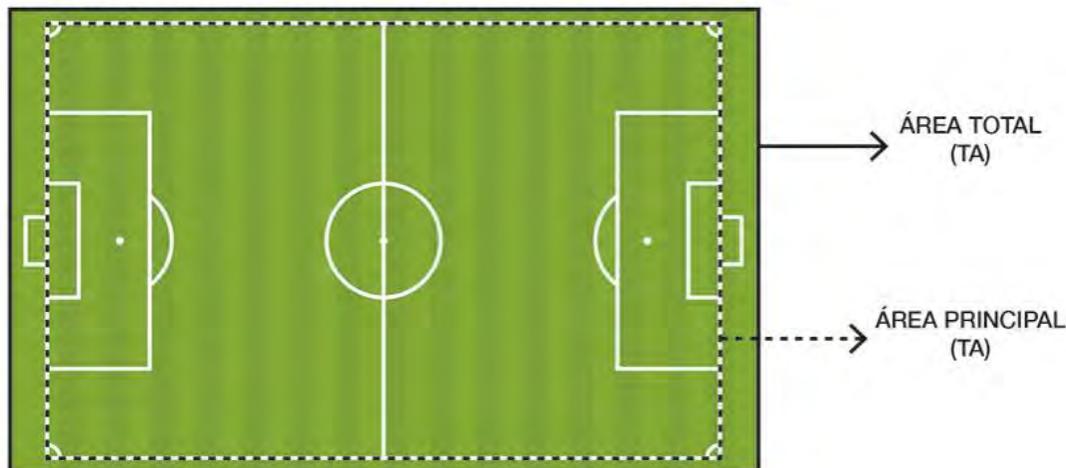
Fuente: Normativa EN 12193:2020

3.2.3.2 Uniformidad. El área de juego principal (PA) mantiene uniformidad y estándares de iluminación horizontal y vertical. Al igual que para la medición del deslumbramiento, la medición de la iluminancia vertical se ajustó a una altura de 1,5 m (Comite Tecnico CTN 72, 2020).

Además, se determina que la uniformidad promedio (U_2) del área total (TA) sea al menos el 75% de la uniformidad promedio (U_2) del área principal (PA); la uniformidad extrema (U_1) es al menos la uniformidad media (U_2) del área principal (PA) (50% de U_2) (Comite Tecnico CTN 72, 2020). Estos dos requisitos eran anteriormente opcionales, pero sin duda proporcionarán una mejor

distribución de la luz en la zona de juego principal y las zonas de juego circundantes, como la zona de competición y esquinas de un campo de fútbol. Ver figura 22.

Figura 22: Iluminancias y Uniformidades en Áreas Principales



Fuente: www.saltoki.com

3.2.4 Norma FIFA

La FIFA como entidad reguladora del fútbol, también establece normativas específicas sobre los requisitos de iluminación en instalaciones deportivas. Esta norma clasifica el sistema de iluminación en cinco clases, según el nivel deportivo del estadio, como se indica en la tabla 10.

Tabla 10: Categoría de Certamen

Clase V	Partido internacional televisado	Campo sin sombras
Clase IV	Partido nacional televisado	Campo sin de sombras
Clase III	Partido nacional no televisado	Campo iluminado con un mínimo de 8 postes
Clase II	Partido de liga y/o clubes no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 6 postes (recomendado)
Clase I	Entrenamientos y juegos de recreo no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 4 postes (recomendado)

Fuente: Normativa FIFA

3.2.4.1 Niveles de Iluminancia para Campos de Fútbol. Las tablas 11 y 12 de la reglamentación FIFA muestran los niveles de iluminación necesarios para transmitir eventos en

HD. Incluye los valores de iluminancia vertical y horizontal, los coeficientes de uniformidad y las características de las luces.

Tabla 11: Niveles de Iluminación no Transmitidos en HD

Nivel de actividad	Iluminación horizontal	Uniformidad	Temperatura del color de la lampara	Reproducción del color de la lampara
Clase	Eh ave (lux)	U2	Tk	Ra
Clase III Partidos nacionales	750	0.7	> 4,000	≥ 65
Clase II partido de liga y/o clubes	500	0.6	> 4,000	≥ 65
Clase I Entrenamientos y juegos de recreo	200	0.5	> 4,000	≥ 65

Fuente: Norma FIFA

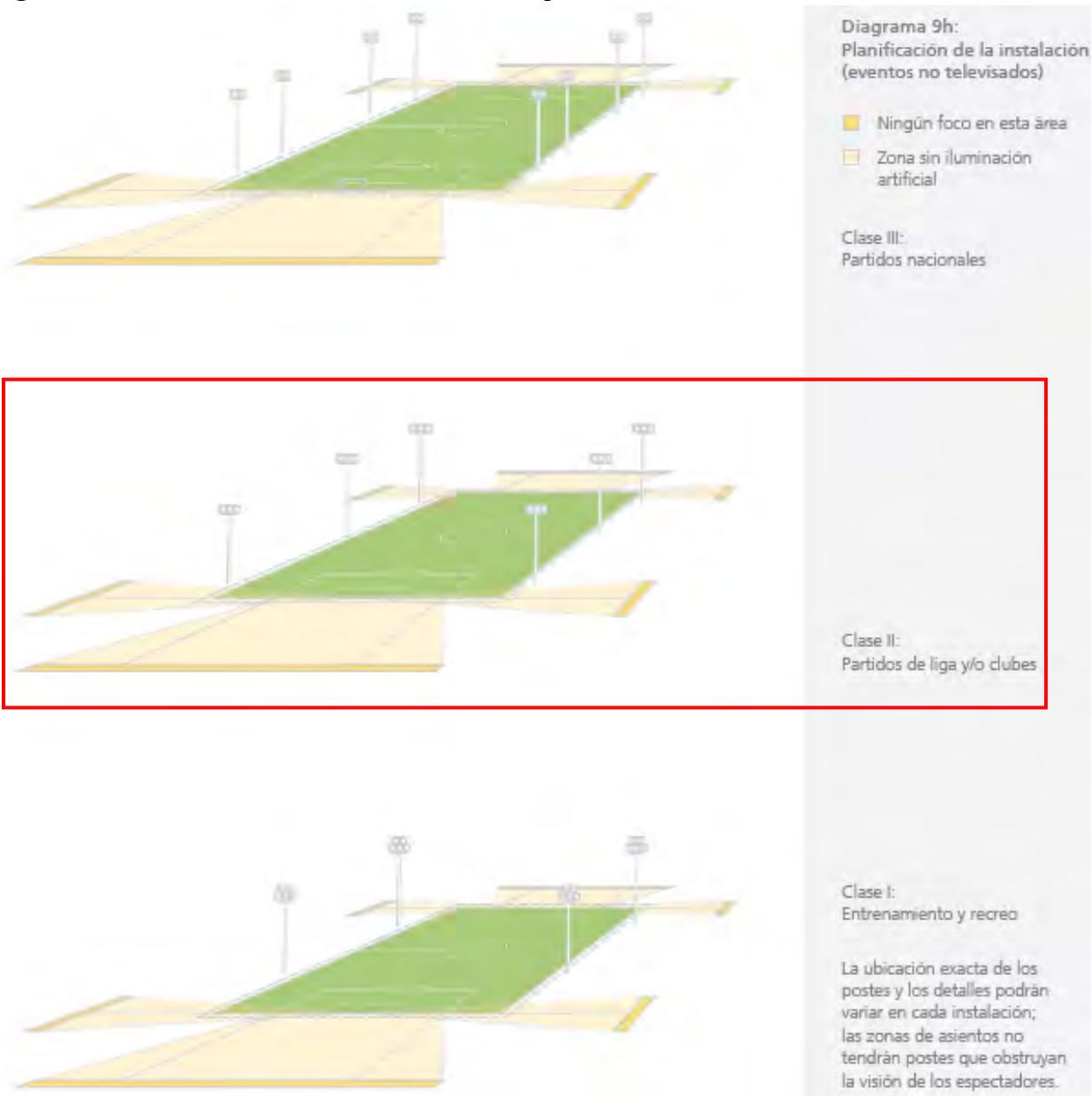
Tabla 12: Niveles de Iluminación para la Transmisión en HD

Nivel de actividad		Iluminancia vertical			Iluminancia horizontal			Propiedades de la lampara	
		Ev media de las cámaras	Uniformidad		Eh media	Uniformidad		Temperatura de color	Reproducción de color
Clase	Calculo hacia	Lux	U1	U2	Lux	U1	U2	Tk	Ra
Clase V Internacional	Cámara fija	> 2,000	0.6	0.7					
	Cámara de campo (al nivel de campo)	1,800	0.4	0.65	3,500	0.6	0.8	> 4,000	≥ 65
Clase IV Nacional	Cámara fija	2,000	0.5	0.65					
	Cámara de campo (al nivel de campo)	1,400	0.35	0.6	2,500	0.6	0.8	> 4,000	≥ 65

Fuente: Norma FIFA

3.2.4.2 Planificación de las Instalaciones. Para lograr una iluminación adecuada para videos de calidad digital, se instalan accesorios de iluminación en estadios para partidos televisados. En áreas sin televisión, el direccionamiento multizona no es necesario. Los partidos nacionales no televisados siguen las pautas estándar de diseño de iluminación (FIFA, 2011). Ver figura 23.

Figura 23: Planificación de las Instalaciones Deportivas



Fuente: Normativa FIFA

3.2.5 Iluminación de Emergencia y Seguridad Aplicada a Campos Deportivos

En el diseño de sistemas de iluminación para instalaciones deportivas, no solo debe considerarse la iluminación funcional para la práctica del deporte, sino también sistemas auxiliares que garanticen la seguridad y continuidad operativa ante situaciones de emergencia. En este contexto, se distinguen dos conceptos fundamentales: iluminación de emergencia e iluminación de seguridad, cuya correcta comprensión y aplicación son claves para un diseño integral y eficiente, especialmente en estadios que operan en horario nocturno o que reciben público.

3.2.5.1 Iluminación de Emergencia. La iluminación de emergencia es un sistema esencial que garantiza condiciones mínimas de visibilidad ante una interrupción del suministro eléctrico, permitiendo la evacuación segura de las personas. Este sistema debe activarse de forma automática e inmediata, y estar respaldado por una fuente de energía independiente, como baterías autónomas o sistemas UPS.

En el contexto nacional, la Norma Técnica Peruana NTP EM.010 establece disposiciones generales sobre la instalación de estos sistemas, aunque no detalla con precisión los niveles mínimos de iluminancia exigidos en cada tipo de ambiente. Por ello, se complementa esta normativa con lo establecido en la norma internacional UNE- EN 1838, ampliamente reconocida por definir los valores de iluminancia requeridos en situaciones de emergencia.

A continuación, se resumen los principales requerimientos de ambas normativas:

Tabla 13: Requisitos Normativos para la Iluminación de Emergencia.

Norma	Ámbito de aplicación	Requisitos técnicos principales
NTP EM.010	Instalaciones eléctricas en interiores (Perú)	<ul style="list-style-type: none"> – Activación automática ante fallo eléctrico. – Autonomía mínima: 1 hora. – Fuente de respaldo (batería o UPS)
UNE- EN 1838	Iluminación de emergencia en edificaciones	<ul style="list-style-type: none"> – ≥ 0.5 lux en rutas de evacuación y pasillos. – ≥ 1 lux en escaleras, salidas y zonas con equipos de seguridad.

Fuente: Normas EM.010 y UNE- EN 1838

Como puede observarse, el diseño de un sistema de iluminación de emergencia debe asegurar niveles de iluminación mínimos entre 0.5 y 1 lux, dependiendo del tipo de zona, además de

garantizar autonomía y fiabilidad energética, elementos clave para la seguridad en situaciones críticas.

3.2.5.2 Iluminación de Seguridad (Recomendación Internacional- FIFA). La iluminación de seguridad, a diferencia de la de emergencia, está dirigida principalmente a asegurarla evacuación segura de espectadores y jugadores en espacios abiertos, como el campo de juego, graderías, zonas de acceso y vías de salida.

Si bien no está regulada directamente por las normas peruanas, su implementación es recomendada por organismos internacionales como la FIFA y la UEFA, especialmente en estadios que albergan partidos en horarios nocturnos.

La iluminación de seguridad debe permitir que, ante una falla eléctrica general, se mantenga un nivel mínimo de iluminación en el campo de juego, suficiente para continuar con una evacuación ordenada y segura. Las recomendaciones técnicas indican:

- Nivel mínimo recomendado: entre el 10% y el 15% del nivel de iluminación funcional del campo. Por ejemplo, si el nivel operativo es de 500 lux, la iluminación de seguridad debe proporcionar al menos entre 50 y 75 lux.
- Encendido automático mediante sistema de respaldo.
- Alimentación autónoma, independiente del sistema principal.

En el contexto del Estadio Municipal de Urcos, esta iluminación de seguridad resulta especialmente importante debido a:

- La posible realización de partidos en horario nocturno.
- La necesidad de cumplir con estándares mínimos de seguridad en eventos deportivos organizados.

Consideraciones para el Diseño. En un sistema de iluminación eficiente, la integración de subsistemas de emergencia y seguridad no solo cumple una función normativa o preventiva, sino que contribuye a la resiliencia operativa del estadio y al cumplimiento de buenas prácticas en ingeniería eléctrica.

Por tanto, el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos deberá contemplar:

- La iluminación de luminarias de emergencia en ambientes interiores según EM.010.

- El diseño de un subsistema de iluminación de seguridad para el campo de juego y zonas de evacuación.
- El dimensionamiento adecuado de fuentes de energía de respaldo.
- La activación automática de ambos subsistemas ante fallos eléctricos.

3.3 Análisis de las Normas Relacionadas a la Iluminación de Campos Deportivos

Se analizan criterios fundamentales de cada norma, incluyendo nivel de iluminación, la uniformidad, el índice de reproducción cromática, la temperatura de color, el nivel de deslumbramiento y la eficiencia.

Cabe precisar que la **Norma EM.010**, si bien no establece requisitos específicos para campos deportivos al aire libre, resulta referencial para el diseño de instalaciones eléctricas interiores dentro de los recintos deportivos, como camerinos, salas técnicas, pasillos y zonas de espectadores bajo techo.

3.3.1 Nivel de Iluminación

Se refiere a la cantidad de luz que se necesita en el campo para garantizar una visibilidad adecuada para los jugadores y espectadores.

- **Norma DGE 017-AI:** Establece niveles mínimos de iluminancia, con variación según el tipo de actividad deportiva, lo que permite una adaptación a diferentes tipos de campos y usos. Los valores establecidos en esta norma son de 100 lux para entrenamiento y 500 lux para competiciones. Esto en base a la tabla 7.
- **Norma UNE-EN 12193:** Proporciona valores específicos de luminancia para diferentes tipos de instalaciones deportivas. Según la Tabla 10 para un campo de fútbol, se requiere un nivel mínimo de 75 lux para entrenamiento y 500 lux para partidos de competición.
- **Norma FIFA:** Es la más exigente en cuanto al nivel de iluminación. Establece un nivel de iluminancia mínima de 200lux según la Tabla 12 para entrenamiento y mayores a 2000 lux para partidos transmitidos por televisión, esto según la Tabla 13.

3.3.2 Uniformidad

La uniformidad de la iluminación es crucial para evitar zonas oscuras o excesivamente iluminadas en el campo, lo que podría afectar el rendimiento de los jugadores.

- **Norma DGE 017-AI:** Requiere una uniformidad mínima, pero no proporciona detalles específicos sobre el nivel exacto de uniformidad que debe alcanzarse.
- **Norma UNE-EN 12193:** Proporciona un conjunto claro de requisitos para la uniformidad de la iluminación. Define valores precisos para garantizar que la luz se distribuya de manera equitativa sobre todo el campo de juego.
- **Norma FIFA:** Establece valores estrictos para la uniformidad de la iluminación, lo que implica que el campo de juego debe estar iluminado de manera constante y homogénea, sin áreas de sombra.

3.3.3 Índice de Reproducción Cromática

El IRC mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir con precisión los colores de los objetos.

- **Norma DGE 017 – AI:** Aunque no establece un valor específico, el IRC debe ser adecuado para una correcta percepción de los colores en el campo, especialmente en deportes como el fútbol donde la visibilidad del balón es crucial.
- **Norma UNE-EN 12193:** Establece un IRC de al menos 60, lo que asegura que los colores sean percibidos de manera natural.
- **Norma FIFA:** Exige un IRC mínimo de 65 para asegurar que los colores sean percibidos con claridad.

3.3.4 Temperatura de Color

La temperatura de color es importante porque influye en la calidad visual y en como perciben los colores en el campo.

- **Norma DGE 017 – AI:** No establece un rango específico para la temperatura de color, aunque se recomienda una luz blanca de alta calidad.
- **Norma UNE-EN 12193:** No indica un rango específico, pero se recomienda una luz blanca similar a la luz natural.
- **Norma FIFA:** Establece un rango de temperatura de color de 4000K°, lo cual es ideal para la iluminación de campos de fútbol proporcionando la mejor visibilidad para los jugadores y espectadores.

3.3.5 Nivel de Deslumbramiento

El deslumbramiento es el efecto de la luz intensa que puede interferir con la visibilidad y la concentración de los jugadores.

- **Norma DGE 017 – AI:** Aunque menciona la necesidad de reducir el deslumbramiento, no especifica detalles sobre cómo controlar el deslumbramiento de manera eficiente.
- **Norma UNE-EN 12193:** Proporciona directrices para minimizar el deslumbramiento, como la distribución correcta de las luminarias y el uso de reflectores apropiados para asegurar que la luz no interfiera con los jugadores. El Nivel de deslumbramiento que exige esta Norma es menor igual a 55.
- **Norma FIFA:** Presta especial atención al control del deslumbramiento, ya que este afecta tanto a los jugadores como a los espectadores. Se recomienda una disposición estratégica de los proyectores para evitar reflejos y deslumbramiento. El nivel de deslumbramiento aceptable es de 50.

3.3.6 Eficiencia Energética

Se refiere al ahorro de energía eléctrica y es esencial para reducir los costos operativos y el impacto ambiental.

- **Norma DGE 017-AI:** Promueve la eficiencia energética, pero no lo detalla en profundidad las tecnologías específicas.
- **Norma UNE-EN 12193:** Establece el uso de iluminación LED. Debido a su bajo consumo y mayor durabilidad.
- **Norma FIFA:** También promueve el uso de iluminación LED por su alta eficiencia energética y su capacidad de proporcionar una iluminación consistente y de calidad, reduciendo el costo de mantenimiento.

3.3.7 Cuadro Comparativo General de Normas

El cuadro de comparación de normas de iluminación es una herramienta clave para el diseño del sistema de iluminación de campos deportivos (estadios), asegurando que los proyectos sean seguros y eficientes.

Tabla 14: Normas de Iluminación Para Campos Deportivos

Parámetros	Norma DGE - 017	Norma EM.010	UNE-EN 12193	FIFA	Análisis/ Observación
Niveles de Iluminancia	100-500 lux (según el nivel de competición)	No aplica	75-500 lux (según el nivel)	200-2000 lux (según clase)	Rangos y aplicaciones varían según norma y tipo de evento.
Uniformidad	requisitos básicos	No aplica	> 0.5-0.7	>0.5-0.8	Precisión mayor en normas internacionales.
Índice IRC	No mencionado	No aplica	> 60	≥ 65	Solo normas internacionales especifican valores.
Temperatura de Color	No especifica	No aplica	No especifica	> 4000 K°	FIFA define valor exacto; otras sugieren los blanca.
Deslumbramiento (GR)	Sin parámetros definidos	No aplica	GR< 55	GR≤ 50	Normas internacionales cuantifican limites; DGE-017 general.
Eficiencia energética	Desactualizado	No aplica	Promueve tecnología LED	Recomienda LED	Solo UNE- EN y FIFA incluyen criterios de eficiencia.

Fuente: Elaboración propia

Según la **tabla 14**, FIFA y la UNE- EN detallan uniformidad, deslumbramiento, índice de reproducción cromática (IRC) y temperatura de color; DGE- 017 ofrece rangos generales, y EM.010 no aplica a campos deportivos al aire libre, aunque puede utilizarse para áreas interiores. Cada norma muestra sus características técnicas específicas según su ámbito de aplicación.

3.4 Evaluación de las Normas de Iluminación

En base a los criterios mencionados en el análisis, se realiza una evaluación específica para el Estadio Municipal de Urcos, teniendo en cuenta las necesidades de los partidos locales de ligas y clubes. A continuación, se presenta un cuadro de evaluación de las normas.

Tabla 15: Cuadro de Evaluación para el Estadio Municipal de Urcos

Criterios	Norma DGE - 017	UNE-EN 12193	FIFA	Evaluación Técnica para el Estadio de Urcos
categoría de deporte	Competencia nacional	Clase II	Clase II	Todas son aplicables, pero FIFA proporciona mayor respaldo técnico para estándares internacionales.
Niveles de Iluminancia	300 lux	200 lux	500 lux	La FIFA ofrece el valor más alto, garantizando mejor visibilidad y proyección futura a eventos con posible transmisión televisiva.
Uniformidad	≥ 0.6	≥ 0.6	≥ 0.6	Todas las normas coinciden en la uniformidad (≥ 0.6), valor adecuado para garantizar iluminación homogénea; no permite una diferenciación clara entre estándares.
Índice IRC	No indica	> 60	≥ 65	La FIFA exige mayor fidelidad cromática, lo que mejora la percepción de colores.
Temperatura de Color	No indica	No especifica (sugiere luz blanca)	$> 4000 K^\circ$	Solo la FIFA establece un valor concreto, lo que garantiza luz blanca fría adecuada para eventos nocturnos
Deslumbramiento (GR)	No especifica	$GR < 55$	$GR \leq 50$	La FIFA establece criterios más estrictos que protegen la visión de jugadores y espectadores, siendo más exigente que otras normas.
Eficiencia energética	Lampara de vapor de metal halógeno	Lampara LED (recomendado)	Lampara LED (obligatorio)	La Norma FIFA requiere uso de tecnología LED, garantizando eficiencia, durabilidad, control de deslumbramiento y menor mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tras la evaluación comparativa de las normas en términos de nivel de iluminación, uniformidad, índice de reproducción cromática, deslumbramiento y eficiencia energética tal como se muestra en la **tabla 15**, la **Norma FIFA** es la más relevante para garantizar un sistema de iluminación eficiente. Además, su énfasis en la utilización de tecnología LED asegura una alta eficiencia energética y un rendimiento adecuado, lo que se alinea con las necesidades del estadio.

3.5 Procedimientos para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente

Basado en la revisión técnica de las normas nacionales e internacionales, se propone el siguiente procedimiento para diseñar el sistema de iluminación eficiente de campos deportivos:

- Diagnóstico inicial del campo deportivo
- Selección de la norma aplicable
- Selección de la tecnología de iluminación
- Cálculos preliminares del sistema de iluminación
- Simulación del sistema de iluminación
- Cálculo de la demanda máxima
- Diseño del sistema de automatización
- Evaluación de eficiencia energética

Tabla 16: Procedimientos para el Diseño de un Sistema de Iluminación Eficiente

Procedimiento	Descripción	Herramientas/ Software a utilizar
1. Diagnóstico inicial	Evaluación del estado actual del estadio, incluyendo las necesidades, infraestructura eléctrica, condiciones estructurales para instalaciones de luminarias, y determinación de requerimientos específicos según el tipo de uso.	Entrevistas con personal, inspección del lugar, planos arquitectónicos.
2. Selección de la Norma	Elección de la norma adecuada que establezca las bases técnicas para el diseño, considerando criterios como nivel de iluminación, uniformidad, reproducción cromática, temperatura de color, deslumbramiento y eficiencia energética. En este	Documentos oficiales de la FIFA, UNE- EN 12193, DGE-017.

	caso, la Norma FIFA es la más adecuada para estadios de futbol.	
3. Selección de la tecnología	Selección de luminarias LED por su eficiencia energética, larga vida y capacidad de integración con sistemas de automatización.	Catálogos técnicos de luminarias LED, fichas de producto, comparación de marcas.
4. Cálculos preliminares	Cálculo preliminar de la Altura de montaje, cantidad de luminarias necesarias y distribución de luminarias por torre. Se aplican formulas normativas de iluminación considerando factor de mantenimiento y coeficiente de utilización del haz.	Ecuaciones para el cálculo de altura de montaje, fórmulas de iluminación, factor de mantenimiento, coeficiente de utilización del haz.
5. Simulación del sistema	Validación del diseño lumínico a través de software especializado, garantizando que se cumplan los requisitos normativos en cuanto al nivel de iluminación, uniformidad y control del deslumbramiento.	DIALux, Relux.
6. Cálculo de la demanda máxima	Estimación de la demanda máxima del sistema de iluminación como base para la futura conexión eléctrica y automatización del sistema.	Hoja de cálculo en Excel, catálogos técnicos.
7. Diseño del sistema de automatización	Implementación de un sistema de automatización para ajustar la intensidad de las luces según el tipo de evento, integrando sensores de presencia y luminosidad para optimizar el consumo y facilitar el control desde plataformas digitales.	Protocolos como DALI, KMX, KNX, Plataforma IoT.
8. Evaluación de eficiencia energética	Análisis del consumo energético estimado con las luminarias seleccionadas y comparación con tecnologías tradicionales. Se calcula el ahorro energético mensual.	Fórmulas de consumo, Excel, catálogos técnicos.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Conclusión

El análisis, evaluación y aplicación de normas nacionales e internacionales de iluminación deportiva, como UNE- EN 12193, DGE- 017, FIFA y EM.010, permite establecer los procedimientos técnicos necesarios para diseñar un sistema de iluminación eficiente en el Estadio Municipal de Urcos. La Norma FIFA se destaca por sus estándares técnicamente exigentes en niveles de iluminación, uniformidad, índice de reproducción cromática y control de deslumbramiento, además de promover tecnología LED para mejorar la eficiencia energética.

Complementariamente, la NTP EM.010 garantiza el correcto diseño de las instalaciones eléctricas interiores, asegurando la distribución de cargas y la seguridad. En conjunto, estas normas fundamentan técnicamente todas las decisiones de diseño, asegurando visibilidad, uniformidad, eficiencia energética y seguridad en el estadio.

CAPITULO IV

TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN MODERNAS Y EFICIENTES PARA LA INTEGRACIÓN EN SISTEMAS DEPORTIVOS

4.1 Introducción

La iluminación en campos deportivos es esencial para garantizar visibilidad adecuada, seguridad y una experiencia de calidad tanto para jugadores como para espectadores. En los últimos años, las tecnologías de iluminación han evolucionado significativamente, destacando la iluminación LED como la opción más eficiente debido a su alta eficiencia energética, larga vida útil, calidad lumínica superior y bajo mantenimiento. A esta evolución se suman innovaciones como los sistemas inteligentes de control, la conectividad mediante Internet de las Cosas (IoT) y la automatización remota, que permiten gestionar de manera flexible, eficiente y sostenible las instalaciones deportivas.

Estudios recientes resaltan que la implementación de luminarias LED en estadios profesionales optimiza el consumo energético y mejora el confort visual, así como la transmisión de eventos en alta definición (Orejon Sanchez, Hermoso Orzaez, & Gago Calderon , 2020). Asimismo, sistemas de control basados en protocolos como DALI permiten monitorear, regular y automatizar la iluminación mediante plataformas IoT, incrementando la eficiencia operativa y facilitando el mantenimiento predictivo (Adam , 2019).

El presente capítulo tiene como propósito analizar y evaluar las tecnologías de iluminación modernas disponibles para campos deportivos, considerando criterios técnicos como eficiencia luminosa, índice de reproducción cromática, temperatura de color, costo inicial, mantenimiento y compatibilidad con sistemas de automatización y control inteligente. Estas etapas de análisis y evaluación constituyen la base metodológica necesaria para incorporar la tecnología más adecuada

en el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos, asegurando el cumplimiento de los estándares normativos, la eficiencia energética y la funcionalidad de la instalación.

4.2 Tecnologías Actuales de Iluminación Deportiva

Con base en la revisión bibliográfica y la información técnica de fabricantes, se identifican las siguientes tecnologías relevantes para la iluminación de campos deportivos:

- **Iluminación LED:** La tecnología LED es una de las opciones más eficientes para campos deportivos, debido a su alta eficiencia energética, menor generación de calor, y larga durabilidad en comparación con tecnologías tradicionales. Además, permite un control preciso de la dirección y distribución de la luz, asegurando uniformidad y calidad visual (Orejon Sanchez, Hermoso Orzaez, & Gago Calderon , 2020).
- **Sistemas Inteligentes de Control:** Permiten ajustar la iluminación automáticamente según las condiciones ambientales y las necesidades del evento mediante sensores y programación. Estos sistemas facilitan la integración con otras tecnologías de automatización, optimizando el consumo energético y reduciendo costos operativos.
- **Iluminación Conectada a IoT:** La conexión de luminarias a redes IoT permite el monitoreo remoto y control en tiempo real, así como la programación automática de horarios y escenarios. Esta tecnología incrementa la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema.
- **Sistemas de Automatización y Control Remoto:** Permiten gestionar la iluminación a distancia mediante plataformas como Interact Sports, ajustando de forma precisa y rápida los niveles de luz según entrenamientos, partidos o eventos. Se utilizan protocolos como DALI, DMX o KNX para programar escenarios y optimizar el encendido, apagado y mantenimiento del sistema.

A continuación, se presenta una tabla que resume las principales tecnologías de iluminación aplicables a campos deportivos, considerando sus características técnicas y su aplicabilidad para la incorporación al diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos:

Tabla 17: Tecnologías de Iluminación Aplicables a Campos Deportivos

Tecnología	Características Técnicas Relevantes	Aplicabilidad
Iluminación LED	Elevada eficiencia luminosa (> 130 lm/W), larga vida útil (> 50,000 h), encendido instantáneo, bajo mantenimiento	Solución base para cumplir con niveles exigidos por estándares, con reducción significativa del consumo energético
Sistema de Control Inteligente	Regulación de flujo luminoso por horarios, sensores o escenarios; respuesta adaptativa	Optimiza el uso de energía y permite adaptar la iluminación a entrenamientos, competencias o eventos especiales
Iluminación Conectada e IoT	Interconexión de luminarias mediante protocolos DALI, DMX, KNX; monitoreo en tiempo real y gestión remota	Facilita la supervisión, el mantenimiento predictivo y la integración con plataformas de gestión de infraestructura deportiva
Sistema de Automatización y Control Centralizado	Control y supervisión remota desde plataformas como Interact Sport; programación de encendidos, apagados y escenas personalizadas	Permite gestionar múltiples escenarios luminosos de forma automatizada, mejorar la eficiencia operativa y garantizar un funcionamiento confiable del sistema en eventos deportivos

Fuente: Elaboración propia

4.3 Tecnologías de Iluminación en Base a la Información de los Fabricantes

Para identificar la iluminación más adecuada para los campos deportivos, se revisaron las soluciones ofrecidas por los fabricantes **Philips**, **ZGSM**, **Schreder** y **Topley Lighting**. A continuación, se describen las características de cada luminaria y su aplicabilidad en el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos.

4.3.1 Arena Visión LED (Philips)

La luminaria **Arena Visión LED** de Philips está diseñada para aplicaciones deportivas de alto rendimiento, ofreciendo una iluminación uniforme, alta eficiencia energética y un elevado índice de reproducción cromática. Sus características principales son:

- Eficiencia Luminosa: 130 -150 lm/W.
- Índice de Reproducción Cromática: 90, lo que asegura una excelente reproducción de los colores, lo cual es crucial para la visualización precisa durante eventos deportivos.
- Temperatura de color: 5700K°
- Costo inicial y mantenimiento: Aunque la inversión inicial es elevada, su vida útil de hasta 100,000 horas y bajo mantenimiento garantizan una excelente relación costo- beneficio a largo plazo.
- Eficiencia energética: Su eficiencia energética es muy alta, reduciendo el consumo en un 50% respecto a tecnologías tradicionales.
- Tecnologías adicionales: LED, IoT, Control Remoto.

Figura 24: Luminaria Arena Visión LED

Beneficios:

Máxima flexibilidad de diseño y alto nivel de calidad de iluminación, sin parpadeo en retransmisiones televisadas
Creación y gestión de ambientes y secuencias de luz, con total flexibilidad para cambiar a distintos tipos de evento
El sistema admite la conexión con sistemas de control externos.

Características:

La tecnología LED permite obtener un control de la iluminación instantáneo y dinámico.

Sistemas ópticos muy eficientes.

Sistema de control específicos.

La experiencia y el soporte global de Philips en la creación de iluminación para retransmisiones televisadas.

Aplicaciones:

Pabellones deportivos y estadios, cerrados y al aire libre.

BVP420 87K/857 S2 T20



EVP420 87K/857 PSU 110-277V IP20 FU



Fuente: Arena Visión LED (Philips, 2023)

Figura 25: Especificaciones técnicas de Arena Visión LED

Información técnica sobre la luz	
Relación de rendimiento luminoso ascendente	0
Flujo luminoso	130,830 lm
Temperatura de color correlacionada (nominal)	5700 K
Eficacia luminica (promedio) (nominal)	130 lm/W
Índice de producción de color (IRC)	90
Color de la fuente de luz	957 blanco frío
Ampliación del haz de luz de la luminaria	2° x 10°
Tipo óptico para exterior	Simétrico
Área proyectada efectiva	0.373 m²
Operación y aspectos eléctricos	
Voltaje de entrada	230-400 V
Frecuencia de línea	50 to 60 Hz
Corriente de irrupción	20 A
Tiempo de irrupción	0.160 ms
Consumo de energía	1.010 W
Factor de potencia (fracción)	0.9
Conexión	Unidad de conexiones de 5 polos
Cable	-
Cantidad de productos en MCB de 16 A Tipo B)	1
Clase de protección IEC	Clase de seguridad I
Protección contra sobretensión (común/diferencial)	El nivel de protección contra sobretensión hasta un modo diferencial de 10 kV
Código de protección de impacto mec.	IK08 [5 J protección contra vandalismo]
Ángulo de inclinación estándar post-top	0°
Ángulo de inclinación estándar con entrada lateral	-
Tipo de cubierta óptica	Recipiente/cubierta de policarbonato transparente
Peso neto (pieza)	29.000 kg
Aprobación y aplicación	
Marca de inflamabilidad	-
Marca CE	Si
Marca ENEC	Marca ENEC
Cumple con el reglamento RoHS de la UE	Si
Temperatura ambiente de rendimiento Tq	25 °C
Rango de temperatura ambiente	-40 a +55 °C
Rendimiento inicial (cumple con normas IEC)	
Tolerancia del flujo luminoso	+/-7%
Cromaticidad inicial	(0.321, 0.335) SDCM<5
Tolerancia del consumo de energía	+/-10%
Índice de reproducción cromática inic.	+/-2
Desviación estándar de igualación de colores (elipse de McAdam)	SDCM≤5

Distorsión armónica total	16 %
Controles y atenuación	
Regulable	Sí
Controlador/unidad de potencia/ transformador	Fuente de alimentación con interfaz DMX
Salida lumínica constante	No
Mecánica y carcasa	
Material de la carcasa	Aluminio
Material del reflector	-
Material óptico	Policarbonato
Material de cubierta/lente óptico	Policarbonato
Material de fijación	Aluminio
Color de la carcasa	Aluminio
Dispositivo de montaje	Soporte de montaje ajustable
Forma de cubierta/lente óptico	Planos
Acabado de cubierta/lente óptico	Transparente
Longitud total	538 mm
Ancho total	695 mm
Altura total	612 mm
Dimensiones (alto x ancho x profundidad)	612 x 695 x 538 mm

Fuente: Arena Visión LED (Philips, 2023).

Arena Visión LED es conocida por su excelente eficiencia luminosa y la alta calidad de la luz. La opción de control remoto e integración con IOT permite optimizar el consumo energético y facilita el monitoreo en tiempo real. Las figuras 24 y 25 muestran las características que ofrece Arena Visión LED en cuanto a la iluminación deportiva.

Rendimiento a lo largo del tiempo (cumple con normas IEC)	
Índice de fallas del equipo de control con una vida útil media de 100.000 h	5 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil media de* 100.000 h	L90
Información del producto	
Nombre del producto del pedido	BVP418 1470/957 HGB S2 T35 OUT PSDMX
Nombre del producto completo	BVP418 1470/957 HGB S2 T35 OUT PSDMX
Full EOC	872016955300200
Código del pedido	912300060412
N.º de material (12NC)	912300060412
Numerador: cantidad por paquete	1
EAN/UPC: producto/caja	8720169553002
Numerador: paquetes por caja externa	1
EAN/UPC - Caja	8720169553002
Código de la línea de productos	BVP418 [ARENAVISION LED GEN3.5 SMALL]

4.3.2 Serie Glomax LED de ZGSM Fabricante

La **Serie Glomax LED** está diseñada para satisfacer las necesidades de iluminación de estadios y campos deportivos. Este modelo se destaca por su robustez y eficiencia en la distribución de la luz. Algunas de sus características como se pueden apreciar en las figuras 22 y 27:

- Eficiencia Luminosa: 155- 165 lm/W, ligeramente superior a la de otros modelos, lo que implica una buena cantidad de luz producida por vatio consumido.
- Índice de Reproducción Cromática: $Ra > 70$ (Por defecto) / $Ra > 80$, Lo que es adecuado para eventos deportivos, pero inferior a otras tecnologías de gama alta como Philips.
- Temperatura de color: 3000K°- 6500K°
- Costo inicial y mantenimiento: De costo moderado, adecuado para proyectos con presupuestos más ajustables. Además, su mantenimiento es accesible en comparación con marcas más caras.
- Eficiencia energética: Alta, pero no tan alta como la de las tecnologías de gama premium.
- Tecnologías adicionales: LED, Control inteligente.

Figura 26: Luminaria de la Serie Glomax LED



Serie Glomax LED Luces para campo deportivo profesional

Las luces para campo deportivo de la serie Glomax son reflectores de alta potencia especialmente diseñados para necesidades de iluminación de áreas grandes, como grandes estadios, aeropuertos, puertos y estacionamientos al aire libre más grandes. Estas luces para campo deportivo proporcionan un flujo luminoso excepcional de hasta 279.000 lúmenes y admiten cinco distribuciones luminosas diferentes, incluidas la simétrica y la asimétrica.

Además, las luces para estadios de la serie Glomax también ofrecen una variedad de accesorios para satisfacer las necesidades de diferentes proyectos. ZGSM ofrece servicios integrales de simulación de iluminación y soluciones de iluminación de estadios. De acuerdo con el tamaño del lugar, la distribución de los postes de luz y los requisitos de iluminación, combinados con las características del producto, nuestros productos pueden satisfacer las necesidades de iluminación de diferentes lugares, como campos de fútbol, canchas de tenis y campos de béisbol.

AREHA

Fuente: <https://es.zgsm-china.com/led-products/series-glomax-professional-led-sports-field-lights>

Figura 27: Datos técnicas de Serie Glomax LED

Model No	ZGSM-FL09-250	ZGSM-FL09-500	ZGSM-FL09-750	ZGSM-FL09-1000	ZGSM-FL09-1250	ZGSM-FL09-1500
Nominal Wattage	250W	500W	750W	1000W	1250W	1500W
Efficiency	165lm /w	165lm /w	165lm /w	165lm /w	165lm /w	165lm /w
Lumen	41250lm	82500lm	123750lm	165000lm	206250lm	247500lm
Nominal Voltage	AC 100-240V /277V 50 /60Hz					
LED	Lumileds					
Driver	Inventronics /Other brands on request					
Power Factor (PF)	>0.95					
THD	<15					
SPD	10KV (Default) / 20KV on request					
Optics	15°, 30°, 45°, 60° or Asymmetrical					
Standard Deviation of Color Matching	<5 SDCM					
CRI	Ra>70 (Default) /Ra>80 or Ra>90 on request					
CCT	3000K, 4000K, 5000K, 5700K, 6500K					
General Data						
Body Material	Stretched Aluminum Alloy					
Housing Color	Black (available on request)					
Cover Material	Tempered glass or UV-resistant Polycarbonate					
Lens Material	UV-resistant Polycarbonate					
Working Environment	-40°C ~ +50°C, 10%~90%RH					
Lifespan L70 at 25 °C	>100, 000 h					
Mounting Type	Bracket mounted					
Mounting Location	Wall /Pole /Floor /Ceiling					
Dimmable	0-10V Dimming (Default) /Timer Dimming					
Protection Class	Class I (Default) /Class II					
Standards	CE, RoHS, ENEC, CB, LM79, LM80, TM-21, IP66, IK10 pending					
Available on request	Photocell, NTC, OLC, DALI Dimming, DMX512, Remote Control					

Fuente: <https://es.zgsm-china.com/led-products/series-glomax-professional-led-sports-field-lights>

4.3.3 Ecoblast del fabricante Schreder

Las luminarias **Ecoblast** de Schreder están diseñadas específicamente para proporcionar una distribución de luz precisa y uniforme, minimizando el deslumbramiento y optimizando la visibilidad Enel campo deportivo. Su eficiencia energética y la calidad de luz la hacen una opción ideal para aplicaciones de alta demanda. Las características claves de este sistema incluyen:

- Eficiencia Luminosa: Hasta 150 lm/W, destacando en términos de rendimiento.
- Índice de Reproducción Cromática: 70- 90, garantiza colores naturales y bien definidos.
- Temperatura de color: 3000- 5700K°, adecuado para la iluminación de estadios deportivos.
- Costo inicial y mantenimiento: Aunque tiene un costo inicial alto, su durabilidad y la mínima necesidad de mantenimiento la hacen rentable a largo plazo.
- Eficiencia energética: Muy alta, comparable a la de Philips, lo que asegura una reducción significativa en el consumo energético.
- Tecnología adicional: LED, Control inteligente.

En las figuras 28 y 29 se muestran las versiones y características específicas que presenta **Schreder Ecoblast**.

Figura 28: Versiones de Proyector ECOBLAST para Estadios Deportivos



Fuente: <https://library.schreder.com/view/395793904/10/>

Figura 29: Datos Técnicos de Luminaria LED del Fabricante Schreder-Ecoblast

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ELÉCTRICA	
Altura de instalación recomendada	8m a 50m 26' a 164'	Clase eléctrica	Class 1US, Class I EU
FutureProof	Fácil sustitución del motor fotométrico y montaje eléctrico	Tensión nominal	220-240 V - 50-60 Hz 277 V - 50-60 Hz 347 V - 50-60 Hz 400 V - 50-60 Hz
Etiqueta Circle Light	Puntuación > 90 : el producto cumple totalmente con los requisitos de economía circular	Factor de potencia (a plena carga)	0.95+
Driver incluido	Sí	Opciones de protección contra sobretensiones (kV)	10
Marca CE	Sí	Compatibilidad electromagnética (CEM)	EN 55015 / EN 61000-3-2 / EN 61000-3-3 EN 61547 / EN 61000-4-2, -3, -4, -5, -6, -8, -11
Certificado ENEC	Sí	Protocolo de control	DALI-2, DMX-RDM
Conformidad con RoHS	Sí	Opciones de control	Telegestión
Conformidad con TUV (lanzamiento de pelota)	Sí	Sistemas de control asociados	Schreder ITERRA
Parpadeo	Cumple con la práctica recomendada de parpadeo IEEE 1789	<i>- Informaciones eléctricas dado para la caja de auxiliares</i>	
Norma del ensayo	LM 79-80 (todas las mediciones en laboratorio certificado según ISO17025) EN 60598-2-3:2003/A1:2011	INFORMACIÓN ÓPTICA	
CARCASA Y ACABADO		Temperatura de color de los LED	3000K (Blanco cálido 730) 4000K (Blanco neutro 740) 4000K (Blanco neutro 840) 5700K (Blanco frío 757) 5700K (Blanco frío 957)
Carcasa	Aluminio	Índice de reproducción cromática (CRI)	>70 (Blanco cálido 730) >70 (Blanco neutro 740) >80 (Blanco neutro 840) >70 (Blanco frío 757) >90 (Blanco frío 957)
Óptica	PMMA	VIDA ÚTIL A TQ 25 °C	
Protector	Vidrio templado Policarbonato	Todas las configuraciones	100.000h - L92
Acabado de la carcasa	Aluminio anodizado		
Grado de hermeticidad	IP 66		
Resistencia a los impactos	IK 08, IK 09		
Norma de vibración	Cumple con ANSI C 136-31 3G y modificado IEC 68-2-6 (0,5G)		
Cumplimiento de la seguridad contra	DIN18 032-3:1997-04 según EN 13 964 Annex D		

Fuente: <https://library.schreder.com/view/395793904/10/>

Schreder ofrece un sistema altamente eficiente con un buen balance entre calidad y costo. La posibilidad de integrar sistemas de control inteligente hace que esta opción sea adecuada para estadios con altos requisitos de flexibilidad operativa.

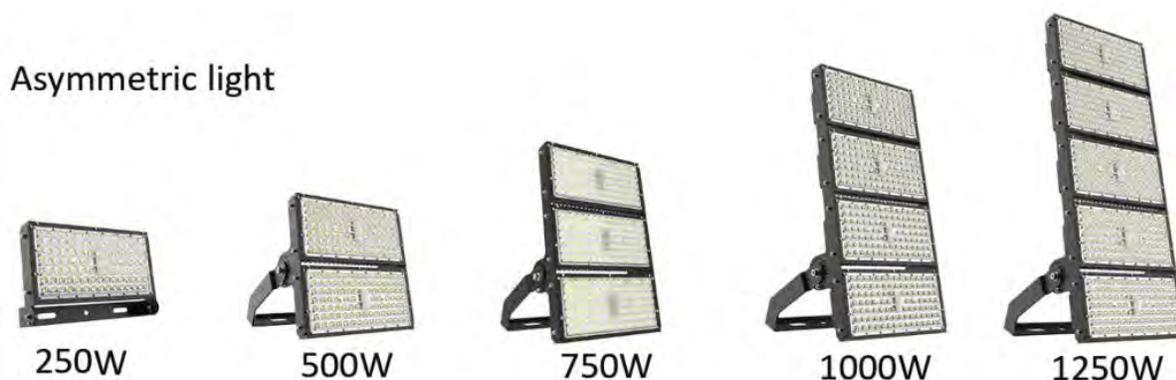
4.3.4 Serie TPL-FL05 de Topley Lighting LED

Las luminarias Serie TPL-FL05 de Topley Lighting LED son especialmente populares en aplicaciones de alta potencia, como estadios grandes y complejos deportivos. Sus características incluyen:

- Eficiencia Luminosa: 150 - 170 lm/W.
- Índice de Reproducción Cromática: es entre 70 - 90, adecuada para la mayoría de las aplicaciones deportivas.
- Temperatura de color: 2700K°- 6500K°, ideal para la iluminación nocturna de estadios.
- Costo inicial y mantenimiento: Moderado.
- Eficiencia energética: es Alta, con una reducción significativa del consumo eléctrico.
- Tecnologías adicionales: LED, control inteligente.

Estas características se pueden apreciar en las figuras 30 y 31 respectivamente.

Figura 30: Luminaria LED para Estadios Serie TPL- FL05



Luces LED para estadios serie TPL-FL05 Principales características

- Rentable y eficiente para maximizar el ahorro de energía y mantenimiento.
- Totalmente compatible con las infraestructuras existentes (montaje y cableado) en proyectos de modernización.
- La distribución luminosa profesional con luz simétrica y asimétrica ofrece infinitas posibilidades.
- El diseño modular ofrece la ventaja de la flexibilidad del producto para aplicaciones de alta potencia..
- Reflector opcional para reducir la contaminación lumínica y optimizar el control del deslumbramiento..
- La inclinación de todo el soporte se puede ajustar en el sitio para cumplir con los diferentes requisitos del proyecto..
- 0-10V, DALÍ, control de iluminación instantáneo opcional.
- SPD adicional de 20 kV con LED para ofrecer doble protección contra rayos
- Material de aleta de aluminio puro, disipación de calor superconductor, la vida útil ha mejorado mucho, más de 50.000 horas.
- Fuente de luz y fuente de alimentación de marca., 5 años de garantía.
- UL,TUV,CLIMA,CE,Aprobación ROHS.

Fuente: <https://www.toplightleds.com/es/product/1000w-led-stadium-lights-2-2/>

Figura 31: Información Técnica de Serie TPL-FL05 de Topley Lighting LED

Fuerza	250W.	500W.	750W.	1000W.	1250W.
Aporte	CA 100-277 V, 50/60Hz				
Tasa de propiedad intelectual	Tasa de impermeabilidad IP66				
Haz	15°/30°/45°/60°/90°/130×25°				
Lúmenes	150LM/W,170LM/W				
CCT	2700-6500K Opcional				
IRC	>70, 80, 90				
NOROESTE	6KG	14KG	18KG	23KG	28KG

Fuente: <https://www.toplightleds.com/es/product/1000w-led-stadium-lights-2-2/>

Aunque el índice de reproducción cromática del modelo Topley Lighting LED es algo más bajo que el de otras opciones, su eficiencia energética y la integración con control remoto hacen que sea una opción viable para campos deportivos en general.

4.4 Análisis Comparativo de Luminarias y sus Tecnologías Integradas

A continuación, se realiza un análisis comparativo de las luminarias y las tecnologías que cada uno integra, según datos técnicos proporcionado por los fabricantes. Para este análisis, se tomará en cuenta los criterios de eficiencia luminosa, índice de reproducción cromática (IRC), temperatura de color, costo inicial, mantenimiento y eficiencia energética.

Tabla 18: Análisis Comparativo de Luminarias y sus Tecnologías Integradas

Fabricante	Eficiencia luminosa (lm/w)	IRC	Temperatura (K°)	Costo inicial	Mantenimiento	Eficiencia energética	Tecnologías Avanzadas	Análisis/Observación
Philips Arena Visión LED	130-150	>90	5700	Alto	Bajo	Muy alta	LED, Control Inteligente, IoT, Automatización.	Alto IRC y gran eficiencia; ideal para cumplir normas FIFA pese el costo.
ZGSM Serie Glomax LED	155- 165	70-80	3000- 6500	Moderado	Moderado	Alta	LED, Control Inteligente.	Eficiencia elevada, pero IRC bajo que reduce fidelidad de color.
Schröder Ecoblast	150	70- 90	3000- 5700	Alta	Bajo	Muy Alta	LED, Control Inteligente.	Buena eficiencia y bajo mantenimiento; IRC aceptable.
Topley Lighting LED	150-170	70-90	2700- 6500	Moderado	Moderado	Alta	LED, Control Inteligente.	Rendimiento equilibrado y tecnología estándar.

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 18, aunque la Serie Glomax LED de ZGSM presenta mayor eficiencia luminosa, su índice de reproducción cromática es inferior al de Philips Arena Visión LED, lo que puede afectar la fidelidad de los colores en el campo de juego. Asimismo, Philips Arena Visión LED y Schreder Ecoblast destacan por su eficiencia energética y la integración de control inteligente, optimizando el consumo eléctrico y facilitando el mantenimiento en campos deportivos.

4.5 Sistemas de Automatización y control de la Iluminación

En el diseño moderno de sistemas de iluminación para campos deportivos, los sistemas de automatización y control representan un componente esencial que permite adaptar el funcionamiento de las luminarias a diferentes condiciones de uso, mejorar la eficiencia energética, optimizar el mantenimiento y garantizar sostenibilidad operativa.

Esta sección tiene por objetivo identificar y analizar técnicamente las principales tecnologías de automatización y control aplicables a estadios, considerando su arquitectura, funciones, grado de integración y beneficios técnicos.

4.5.1 Identificación de Tecnologías de Automatización y Control

A continuación, se identifican las tecnologías más relevantes en sistemas modernos de iluminación deportiva, agrupadas en protocolos de comunicación, dispositivos electrónicos de control y plataformas de gestión remota:

Tabla 19: Tecnologías de Automatización y Control

Tecnología	Descripción técnica	Aplicación principal
DALI (Digital Addressable Lighting Interface)	Protocolo digital que permite el control individual o grupal de luminarias, regulación de intensidad y programación de escenas.	Control zonal y eficiencia en iluminación técnica.
DMX (Digital Multiplex)	Protocolo de comunicación de alta velocidad y precisión. Controla múltiples canales simultáneamente. Es ampliamente usado en luminarias deportivas avanzadas.	Control dinámico, escenarios sincronizados, regulación por zonas.

Tecnología	Descripción técnica	Aplicación principal
KNX (Konnex Protocol)	Protocolo abierto para automatización de edificios, permite la integración de sistemas como iluminación, climatización y seguridad.	Automatización multisistema y control general.
Zigbee	Protocolo inalámbrico de bajo consumo energético. Interconecta sensores y luminarias sin necesidad de cableado.	Expansión rápida del sistema, integración de sensores.
Drivers regulables (0-10V, PWM, DALI, DMX)	Dispositivos que permiten modular la intensidad lumínica. Funciona como interfaz entre luminaria y sistema de control.	Configuración de niveles de luz, transición entre escenas.
Plataformas de gestión (Interact Sports, Owlet IoT)	Aplicación web o móviles para el control centralizado del sistema de iluminación.	Programación, monitoreo, diagnóstico remoto y ahorro energético.

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Análisis Técnico de las Tecnologías Identificadas

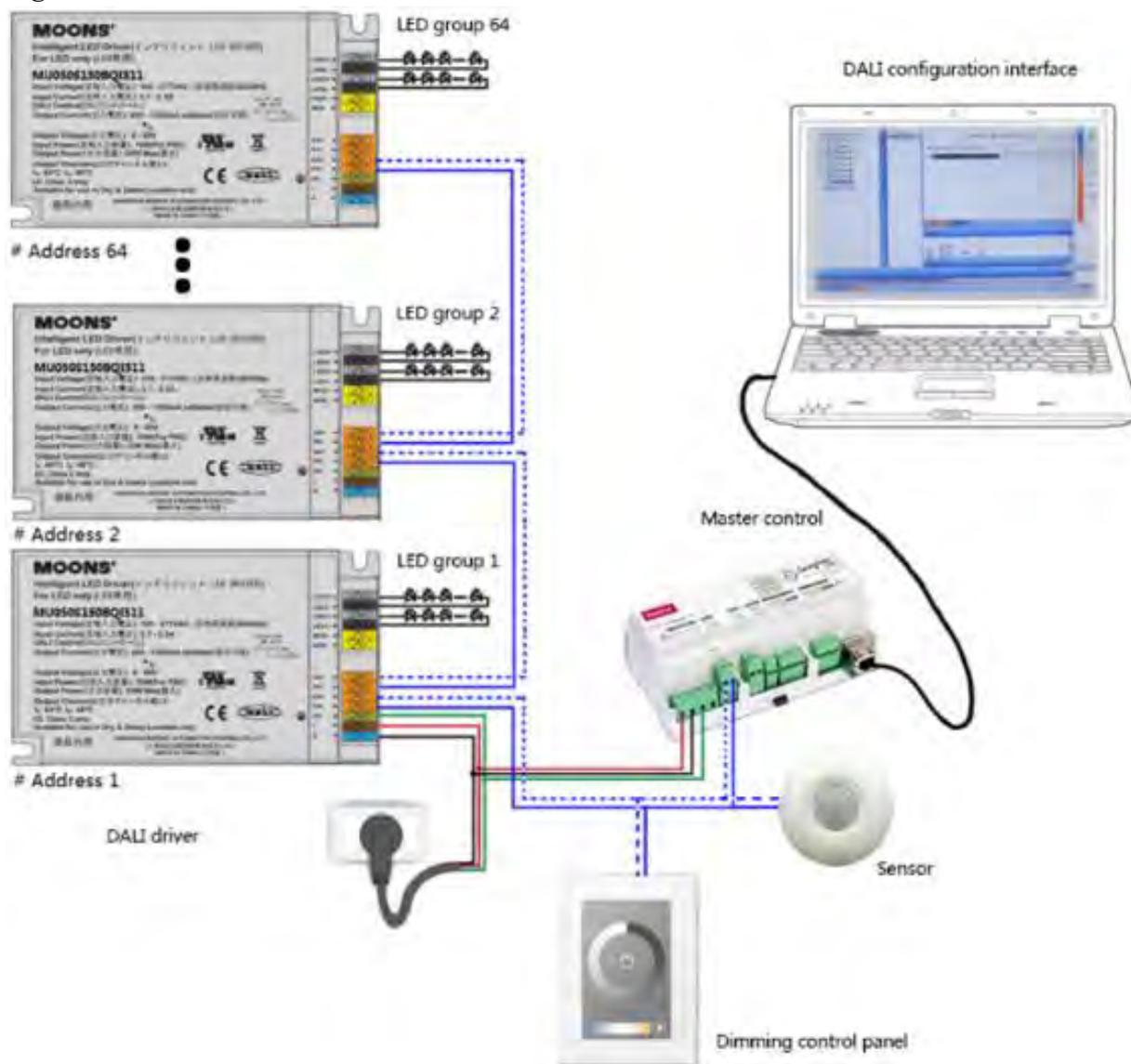
El análisis técnico de las tecnologías de automatización y control tiene como finalidad comprender el funcionamiento, la aplicabilidad y las implicaciones técnicas de cada una en entornos deportivos. A continuación, se desarrollan las principales características de cada tecnología con base en información de fabricantes, protocolos y plataformas especializadas.

A. DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

– Aplicación en campos deportivos:

Se emplea en campos deportivos para automatizar escenas de uso cotidiano como entrenamiento, competencia o mantenimiento, mediante sensores y control por zonas. Es ampliamente utilizado en áreas auxiliares y también en el campo de juego, especialmente en estadios modernos con gestión inteligente. Tal como se muestra en la figura 32, el módulo DALI permite el direccionamiento individual y comunicación bidireccional con cada luminaria (Adam, 2019).

Figura 32: Estructura del Sistema de Iluminación DALI



Fuente: <https://www.moonsindustries.com/article/dali-basic>

Ventajas:

- Control bidireccional y direccionamiento individual.
- Escenarios programables con sensores y horarios.
- Permite monitoreo remoto y mantenimiento predictivo.
- Alta eficiencia energética.
- Compatible con plataformas como Interact Sports.

Desventajas:

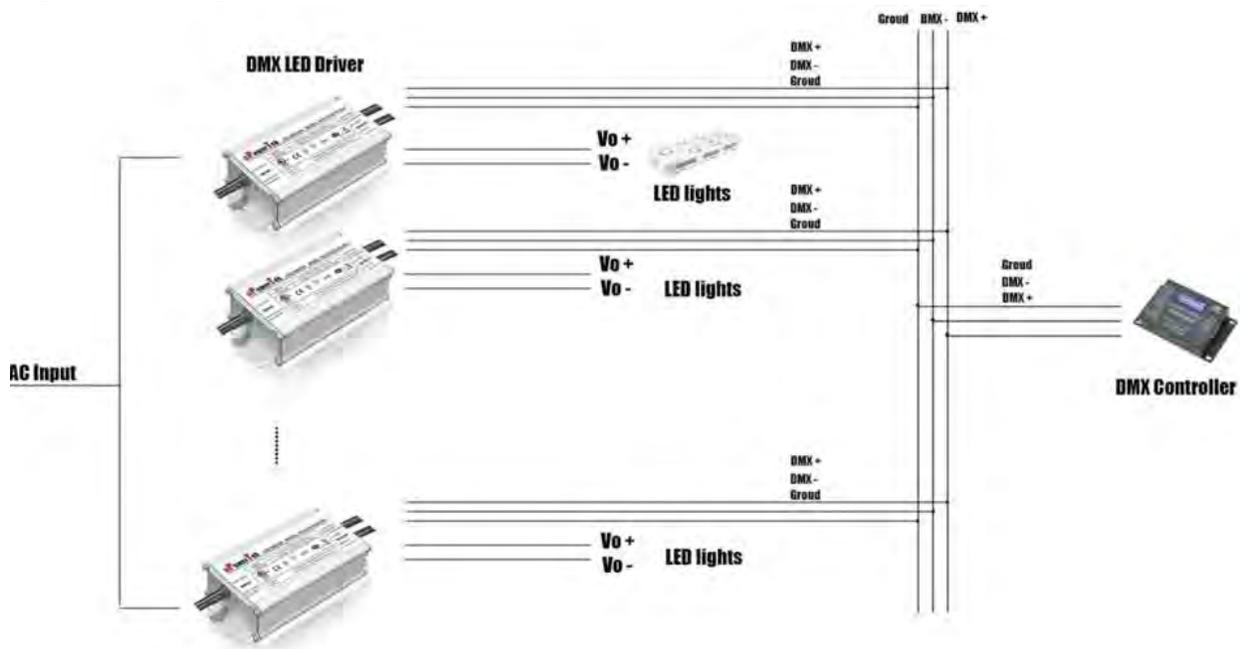
- No permite efectos visuales dinámicos (tipo espectáculo).
- Requiere infraestructura de cableado tipo bus.
- Límite de 64 dispositivos por línea sin expansores.

B. DMX (Digital Multiplex)

– Aplicación en campos deportivos:

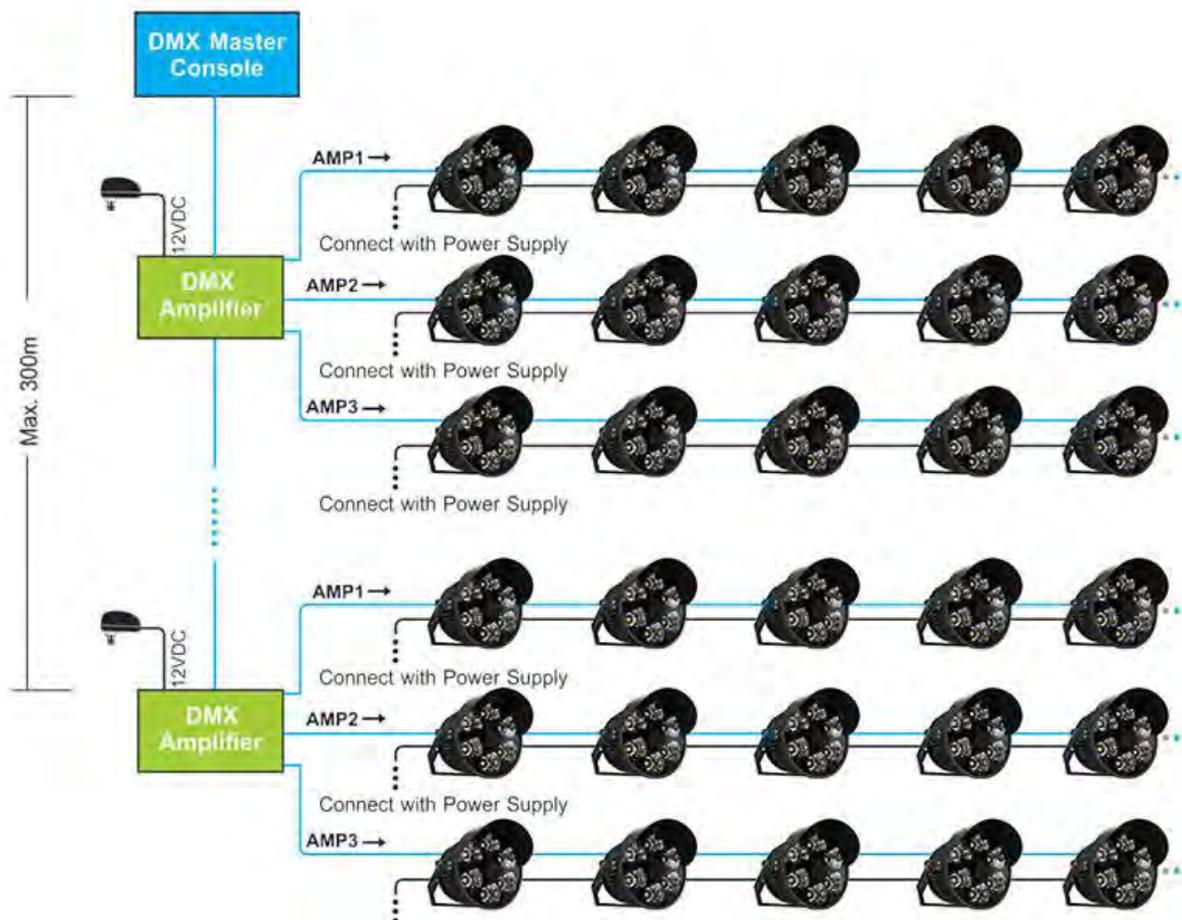
Es utilizado principalmente para espectáculos y transmisiones deportivas, donde se requieren escenas dinámicas de iluminación sincronizada. También permite regulación de intensidad y control individual por canal, siendo compatible con luminarias LED como Arena Visión. Como puede verse en las figuras 33 y 34, el driver DMX está diseñado para ambientes exteriores con altos requerimientos de control visual.

Figura 33: Diagrama de Control DMX



Fuente: <https://www.upowertek.com/dmx-dimming-waterproof-led-drivers>

Figura 34: Estructura del Sistema de Iluminación DMX



Fuente: <https://www.mecreeled.com/product/dmx-led-lighting>

Ventajas:

- Escenas de luz dinámicas en tiempo real.
- Precisión y velocidad en la transmisión de comandos.
- Control canalizado de encendido, apagado y atenuación.
- Compatible con luminarias deportivas de alto rendimiento.

Desventajas:

- No tiene retroalimentación ni monitoreo del sistema.
- Mayor consumo energético.
- Requiere programación avanzada y supervisión técnica.
- No integra sensores ni automatización inteligente.

C. KNX (Konnex Protocol)

– Aplicación en campos deportivos:

Se aplica en zonas administrativas, técnicas y de servicio del estadio. No controla directamente la iluminación del campo, pero puede integrarse con DALI para ampliar funciones mediante sistemas multiservicio. Tal como se observa en la figura 35, los módulos de integración permiten unir múltiples subsistemas de control.

Figura 35: Estructura del Sistema KNX



Fuente: <https://areatecnologia.com/electricidad/aplicaciones-knx.html>

Ventajas:

- Permite integrar iluminación, climatización y seguridad.
- Control distribuido y arquitectura flexible.
- Adaptable a instalaciones grandes y complejas.

Desventajas:

- No controla luminarias deportivas directamente.
- Configuración compleja y necesidad de software ETS.
- Costos iniciales elevados.

D. Zigbee

– Aplicación en campos deportivos:

Se emplea en exteriores del recinto deportivo (estacionamientos, perímetros, acceso), donde no se dispone de cableado. Se usa para luminarias de baja potencia o sensores de monitoreo. Según se aprecia en la figura 36, la red Zigbee opera en forma de malla, conectando nodos sin cables.

Figura 36: Estructura de la Red Zigbee



Fuente: <https://es.zgsm-china.com/smart-lighting-system/smart-street-lighting-system-zigbee-and-lora.html>

Ventajas:

- Instalación sencilla sin cableado.
- Consumo eléctrico reducido.
- Red inalámbrica expandible.

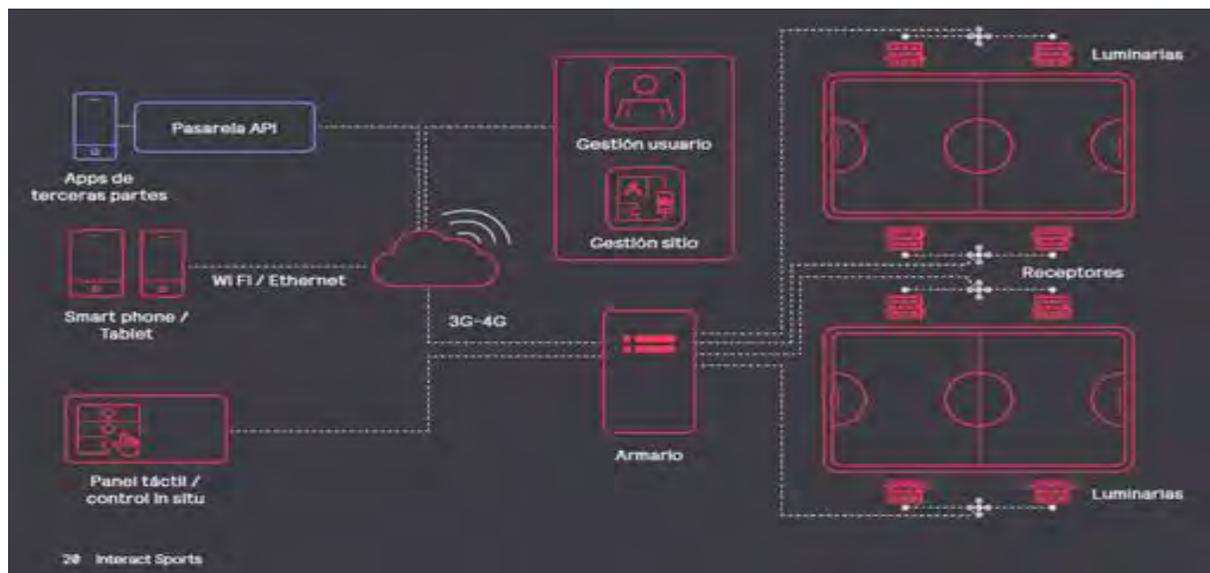
Desventajas:

- No apto para luminarias deportivas de alta potencia.
- Susceptible a interferencias en exteriores abiertos.
- Limitado para iluminación crítica o de precisión.

E. Interact Sports

– Aplicación en campos deportivos:

Plataforma profesional que centraliza la gestión de iluminación deportiva. Integra protocolos DALI y DMX para el control de escenas, zonas, mantenimiento y eficiencia energética, todo desde una única interfaz. Como se muestra en la figura 37, su interfaz permite monitorear luminarias, programar horarios y controlar escenas desde un punto central.

Figura 37: Instalación de la Plataforma Interact Sports

Fuente: Interact Sports (2018)

Ventajas:

- Gestión centralizada e intuitiva.
- Compatible con DALI y DMX.
- Permite programación de escenas por uso del estadio.
- Monitoreo en tiempo real de consumo y fallos.

Desventajas:

- Requiere infraestructura de red y conectividad.
- Costos de licencia y soporte técnico.
- Dependencia de la plataforma del fabricante.

Tabla 20: Resumen de Análisis Técnico de las Tecnologías de Automatización

Tecnología	Aplicación en campos deportivos	Ventajas	Desventajas	¿controla luminarias del campo de juego?
DALI	Automatización de escenas y control zonal en el campo y áreas auxiliares.	<ul style="list-style-type: none"> – Control bidireccional. – Escenas inteligentes. – Monitoreo y sensores. 	<ul style="list-style-type: none"> – Sin efectos dinámicos. – Cableado. – Límite de dispositivos. 	si

Tecnología	Aplicación en campos deportivos	Ventajas	Desventajas	¿controla luminarias del campo de juego?
DMX	Eventos, transmisiones y efectos escénicos en el campo de juego.	<ul style="list-style-type: none"> - Escenas dinámicas. - Precisión de control. - Regulación canalizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sin retroalimentación. - Consumo alto. - No automatiza. 	si
KNX	Iluminación indirecta y sistemas técnicos (zonas administrativas).	<ul style="list-style-type: none"> - Integración multisistema. - Escalabilidad. - Control distribuido. 	<ul style="list-style-type: none"> - No actúa sobre el campo. - Configuración compleja. 	Solo vía DALI
Zigbee	Exteriores del recinto deportivo (accesos y estacionamientos).	<ul style="list-style-type: none"> - Inalámbrico. - Bajo consumo. - Red mallada. 	<ul style="list-style-type: none"> - No soporta luminarias potentes. - Interferencias. - No es crítico. 	No
Interact Sports	Gestión integral del sistema en todo el estadio.	<ul style="list-style-type: none"> - Plataforma completa. - Multizona. - Compatible con DALI y DMX. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere red y soporte. - Costos de licencia. 	Si

Fuente: Elaboración propia

La tabla 20 permite comparar de manera sintético la aplicabilidad, ventajas y limitaciones de cada tecnología para el control de la iluminación en estadios.

4.5.3 Escenarios Automatizados de Iluminación Deportiva

Los sistemas automatizados permiten implementar diferentes niveles de iluminación adaptados al uso del estadio. Estos niveles pueden ser preprogramados y activados automáticamente por horarios, sensores o desde la plataforma de gestión:

Tabla 21: Escenarios Automatizados de Iluminación Deportiva

Escenario	Iluminancia (lx)	Aplicación practica
Competencia Oficial	500	Partidos de liga con público (FIFA)
Entrenamiento	200	Uso interno de clubes sin espectadores (FIFA)
Mantenimiento	100- 200	Revisión técnica, limpieza, trabajos internos
Seguridad/ emergencia	50- 100	Activación automática nocturna o por eventos
Ahorro/Apagado progresivo	10- 50	Reducción tras eventos o fuera de horario

Fuente: Elaboración propia

Estas configuraciones pueden ser gestionadas fácilmente por protocolos como DALI o DMX, en conjunto con sensores y plataformas como Interact Sports, que permiten transiciones programadas o respuestas automáticas.

4.5.4 Consideraciones Finales para la Integración

El análisis desarrollado demuestra que los sistemas de automatización y control ofrecen ventajas técnicas fundamentales para un estadio como el de Urcos. Protocolos como DMX y DALI se destacan por su capacidad de adaptación, precisión y compatibilidad con luminarias LED, además de su integración con plataformas de gestión remota.

En particular, DMX representa una tecnología estratégica en este diseño, no solo por su capacidad de control sincronizado, sino por su integración en luminarias deportivas avanzadas, lo que permitirá una gestión técnica flexible, eficiente y adaptativa a los escenarios definidos por normativas como FIFA.

4.6 Evaluación de las Tecnologías de iluminación

Basado en el análisis anterior, se realiza una evaluación específica de las opciones de iluminación para el Estadio Municipal de Urcos, tomando en cuenta las necesidades del estadio, como alta visibilidad, eficiencia energética y facilidad de mantenimiento.

Tabla 22: Evaluación de Luminarias LED y su Compatibilidad con Tecnologías de Control

Fabricante	Eficiencia luminosa	IRC	Temperatura de color	Costo inicial	Mantenimiento	Eficiencia energética	Compatibilidad de control	Evaluación general
Philips Arena Visión LED	Alta	Excelente	Ideal	Alto	Bajo	Muy alta	DALI / DMX / Interact Sports (IOT)	Recomendado: alto IRC, alta eficiencia y control completo.
ZGSM Serie Glomax LED	Muy alta	Regular	Adecuado	Moderado	Moderado	Alta	DALI / Zigbee	Opción viable: muy alta eficiencia, IRC limitado.
Schröder Ecoblast	Alta	Bueno	Ideal	Alta	Bajo	Muy Alta	DALI / KMX	Recomendado: Alta eficiencia y bajo mantenimiento.
Topley Lighting LED	Muy alta	Bueno	Adecuado	Moderado	Moderado	Alta	DALI	Opción viable: eficiencia elevada, control limitado.

Fuente: Elaboración propia

Con base a la evaluación de las características técnicas de las luminarias de los fabricantes, se determina que la Philips Arena Visión LED es la opción más eficiente para instalaciones que requieren calidad de luz y eficiencia energética, como el Estadio Municipal de Urcos. Esta luminaria destaca por su elevado índice de reproducción cromática, alta eficiencia energética, robustez óptica y compatibilidad con sistemas inteligentes de control (DALI, DMX e Interact Sports).

Además, como indica Adam (2019), la integración de protocolos como DALI o DMX con plataformas inteligentes permite automatizar escenas de iluminación y optimizar el consumo energético mediante monitoreo en tiempo real, lo cual es compatible con las luminarias Philips Arena Visión. Asimismo, esta evaluación concuerda con lo señalado por Orejón, Hermoso y Gago (2020), quienes destacan que la tecnología LED, como empleada en estadios profesionales, permite cumplir con requisitos visibilidad y eficiencia energética.

Si bien las luminarias de los fabricantes Schreder, ZGSM y Topley Lighting presentan características competitivas, estas resultan más limitadas en aspectos clave como control avanzado, calidad del haz luminoso y precisión cromática, factores esenciales para eventos deportivos con requerimientos de transmisión o espectáculos. Por ello, la solución Philips se posiciona como la alternativa más equilibrada entre desempeño técnico, eficiencia operativa y adaptabilidad tecnológica

4.7 Conclusión

El análisis de las tecnologías de iluminación modernas evidencia que la incorporación de luminarias LED avanzadas, junto con sistemas de control inteligente, resulta fundamental para el diseño eficiente del Estadio Municipal de Urcos. Entre las opciones evaluadas, la Philips Arena Visión LED se destaca por su alta eficiencia luminosa, excelente índice de reproducción cromática y plena compatibilidad con protocolos de automatización como DALI, DMX e Interact Sports, lo que garantiza un control preciso, ahorro energético y mantenimiento optimizado.

La implementación de esta tecnología permite desarrollar un sistema de iluminación moderno, sostenible y adaptable a diferentes escenarios deportivos, asegurando visibilidad de alta calidad, eficiencia operativa y cumplimiento de los estándares normativos. Si bien otras alternativas, como la ZGSM Glomax LED, pueden considerarse en casos con restricción presupuestarias, la solución Philips se presenta como la opción más equilibrada, eficiente y tecnológicamente avanzada para el estadio.

CAPITULO V

DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS

5.1 Introducción

Este capítulo presenta la propuesta metodológica de diseño para implementar un sistema de iluminación eficiente en el Estadio Municipal de Urcos, desarrollada a partir de la integración de normas técnicas nacionales e internacionales y de tecnologías modernas de iluminación.

El propósito es garantizar niveles adecuados de iluminancia, uniformidad y eficiencia energética, cumpliendo con los criterios establecidos por las normas de referencia y los principios de sostenibilidad energética.

La metodología propuesta se desarrolla de forma secuencial y técnica, e incluye ocho etapas fundamentales: diagnóstico inicial del campo deportivo, la selección de la norma a aplicable, selección de la tecnología de iluminación, cálculos preliminares del sistema, simulación del sistema de iluminación, cálculo de la demanda máxima, diseño del sistema de automatización y evaluación de la eficiencia energética.

De esta manera, se plantea una metodología que permite desarrollar un sistema de iluminación eficiente, segura y sostenible, optimizado para la operación del estadio, asegurando el cumplimiento de estándares técnicos y funcionales propios de un proyecto de ingeniería.

5.2 Aplicación de la Metodología de Diseño de Iluminación

A continuación, se desarrolla la metodología aplicada para diseñar un sistema de iluminación eficiente en el Estadio Municipal de Urcos. El procedimiento se fundamenta en los lineamientos

técnicos y normativos del capítulo III, así como en la aplicación de criterios técnicos para la selección de tecnologías de iluminación modernas.

La metodología se estructura en ocho etapas, las cuales permiten abordar el diseño de manera integral, desde el diagnóstico inicial del estadio hasta la evaluación de la eficiencia energética, aplicando criterios técnicos, normativos y tecnológicos que aseguran un sistema de iluminación seguro, eficiente y sostenible.

5.2.1 Etapa 1: Diagnóstico de la Situación Actual del Estadio Municipal de Urcos

El diagnóstico inicial permite identificar las condiciones del estadio y establecer los requerimientos técnicos fundamentales para el diseño del sistema de iluminación. Esta etapa es clave para garantizar que las soluciones propuestas respondan a las necesidades reales del entorno.

5.2.1.1 Características Generales del Estadio. El Estadio Municipal de Urcos es un recinto deportivo al aire libre, destinado principalmente a la práctica del fútbol en el marco de campeonatos locales, ligas distritales y regionales. Actualmente, no cuenta con un sistema profesional de iluminación, lo que limita el uso del espacio durante horarios nocturnos.

5.2.1.2 Ubicación y Accesibilidad. El estadio se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Urcos, con accesos principales por la Vía de Evitamiento, la calle Micaela Bastidas y la avenida Teniente Eduardo Astete. El acceso vehicular más importante es la carretera Cusco – Puno, lo cual facilita la conectividad con los distritos vecinos.

5.2.1.3 Evaluación de la Infraestructura existente. Para establecer un diseño adecuado del sistema de iluminación, se identifican las principales condiciones físicas y técnicas del estadio, agrupadas en los siguientes aspectos:

A. Campo de Juego.

El campo de juego no cuenta con luminarias, torres de iluminación ni puntos de conexión eléctrica, lo que imposibilita la realización de eventos nocturnos. La figura 38 muestra el estado actual del campo.

Figura 38: Condiciones del Campo de Juego del Estadio Municipal de Urcos



Fuente: Europlan.com

B. Instalaciones Eléctricas disponibles.

Algunas zonas internas del estadio cuentan con una alimentación eléctrica básica, principalmente en la Cocina, el comedor- cafetín, los módulos de Stand y los servicios higiénicos. Sin embargo, no existe una red eléctrica específica destinada a la iluminación del campo de juego.

C. Espacios interiores en Proyección.

El diseño arquitectónico proyecta la habilitación de nuevos espacios funcionales que deberán ser considerados en el sistema de iluminación, tanto por razones de seguridad como por su uso específico. Estos espacios incluyen pasillos, vestuarios y duchas para deportistas, oficinas administrativas, sala técnica para subestación eléctrica, ambiente para grupo electrógeno y centro de control de iluminación. Estos ambientes requieren niveles de iluminación adecuados según sus funciones, por lo que su incorporación al diseño técnico es fundamental. La distribución de estos ambientes se presenta en el **plano A-02** (ver Anexo 02), el cual también incluye el detalle de las instalaciones interiores existentes del estadio.

5.2.1.4 Necesidades Identificadas. Con base en el diagnóstico, se establecieron las principales necesidades técnicas, funcionales y sociales que justifican el desarrollo del sistema de iluminación:

A. Solicitud formal para la elaboración de un proyecto de iluminación

Mediante un documento oficial (ver anexo 01), el presidente de la liga distrital de fútbol de Urcos ha solicitado la elaboración de un proyecto de iluminación para el estadio, con el objetivo de que la población pueda hacer uso adecuado del recinto durante horarios nocturnos, permitiendo así la realización de actividades deportivas, culturales y recreativas en mejores condiciones.

B. Requisitos luminosos

El sistema de iluminación debe cumplir con una serie de especificaciones técnicas y normativas que garantizan una iluminación adecuada para el campo de juego, especialmente para competiciones deportivas. Esto incluye: nivel de iluminación, uniformidad y control de deslumbramiento.

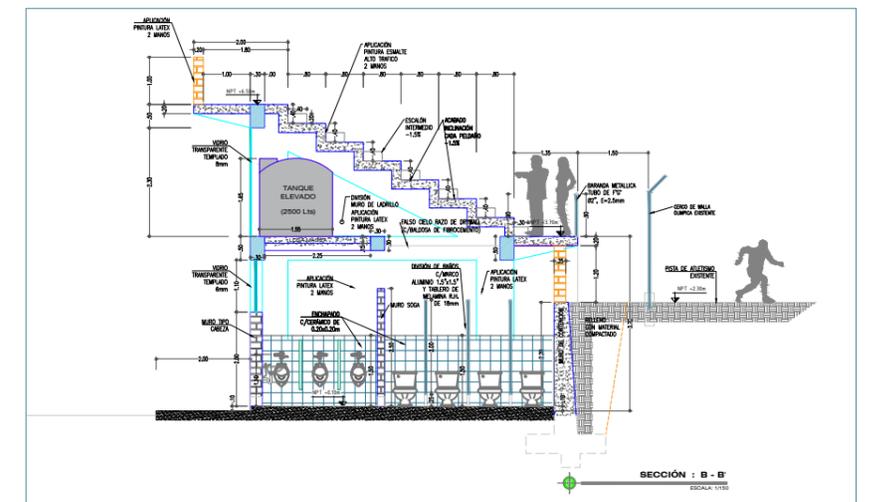
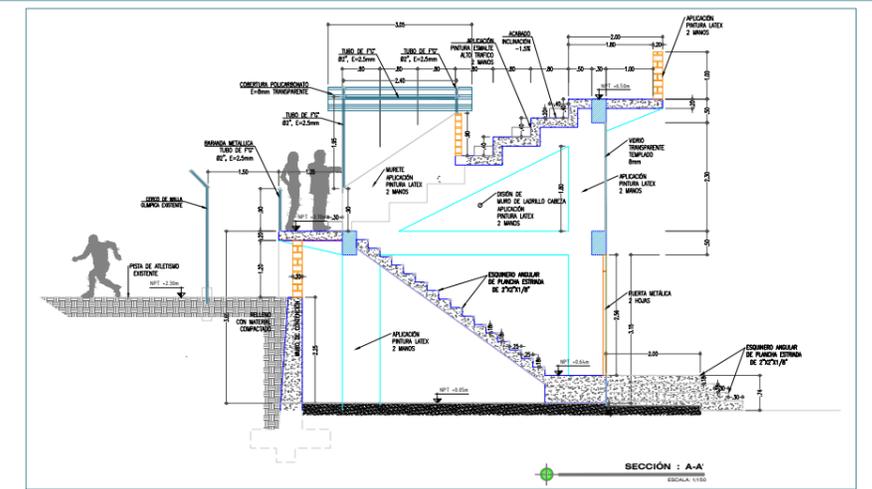
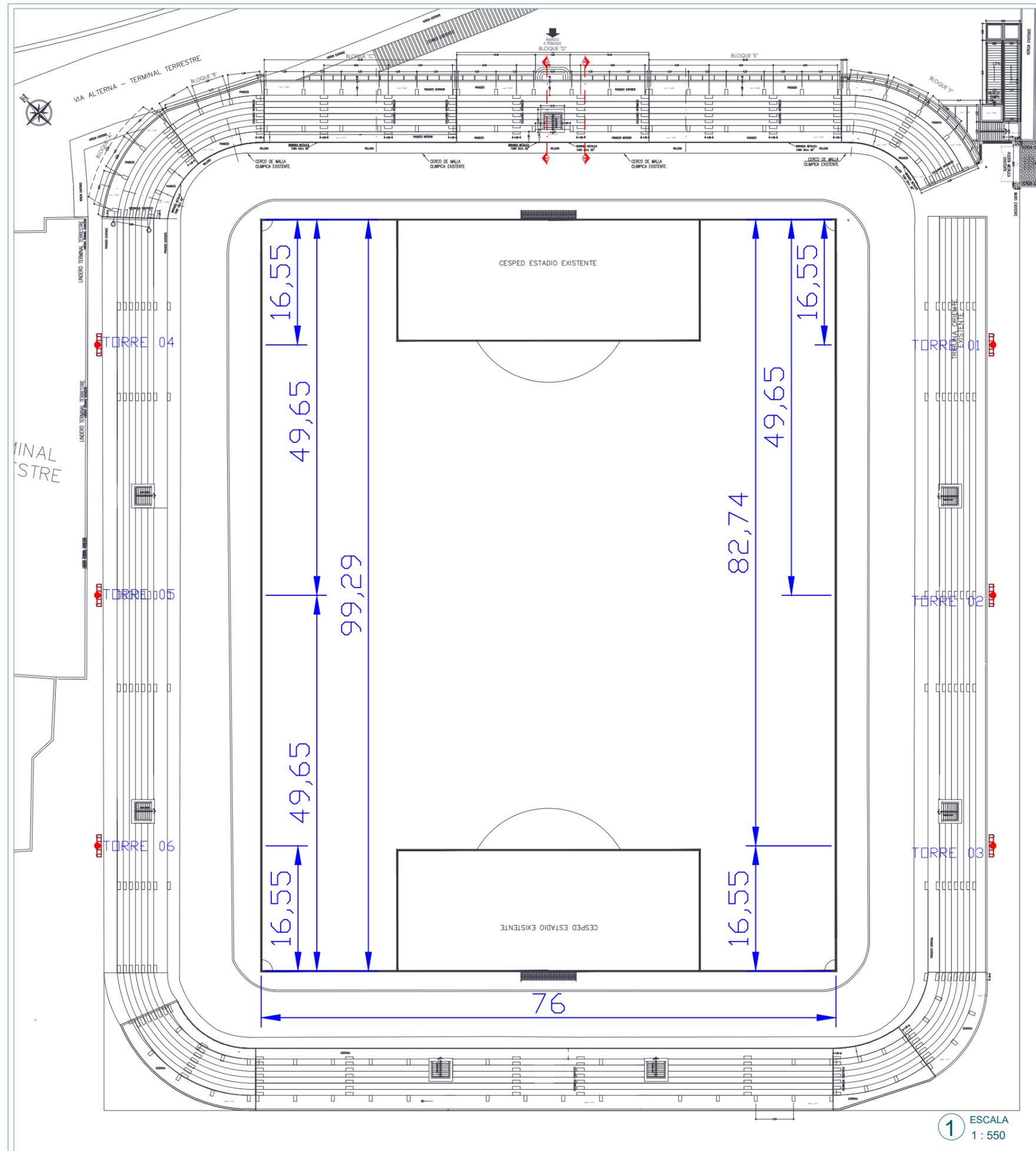
C. Infraestructura adicional Necesaria

Para la instalación de un sistema de iluminación adecuada, se requiere desarrollar infraestructuras adicionales, incluyendo torres de iluminación, ampliación del sistema eléctrico, canalización y cableado.

D. Necesidad social

La necesidad social de contar con un sistema de iluminación no solo tiene un impacto directo en la práctica deportiva, sino también en la calidad de vida de los habitantes de Urcos. Ofreciendo más opciones para el desarrollo personal, social y comunitario.

5.2.1.5 Descripción Arquitectónica. El Estadio Municipal de Urcos fue diseñado bajo un enfoque funcional para albergar competiciones locales y regionales. Está ubicado en el centro de la ciudad, lo que garantiza fácil acceso para los habitantes y visitantes. Posee una capacidad aproximada de 15,000 espectadores y cuenta con cuatro tribunas que rodean el campo de juego. Este cuenta con césped natural y cumple con los estándares FIFA, presentando dimensiones de 99.29 m de largo por 76 m de ancho, con un área total de 7,546.04 m², tal como se muestra en el **plano A-01**.



Dimensiones del Campo de Juego		
Descripcion	Medida	unidad
Longitud	99.29	m
Ancho	76	m
Area	7,546.04	m ²
Torre 01 (04)	16.55	m
Torre 02 (05)	49.65	m
Torre 03 (06)	82.74	m
Altura de Torre	31.00	m



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: DIMENSIONES DEL CAMPO DE JUEGO

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: ARQUITECTURA	FECHA 2025	ESCALA 1:550	LAMINA A-01
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	

1 ESCALA 1:550

5.2.2 Etapa 2: Selección de la Norma a Aplicar

De acuerdo con la identificación, análisis y evaluación de las normas técnicas realizadas en el capítulo III, se ha determinado que el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos se llevará a cabo bajo los lineamientos de la **Norma FIFA** para estadios de fútbol. Esta norma se considera la más pertinente, dado que ofrece criterios específicos para instalaciones deportivas de fútbol, permitiendo clasificar los recintos según el nivel de competencia y uso.

En este caso, el estadio ha sido clasificado como Clase II, ya que está orientado a la realización de campeonatos locales, ligas distritales y eventos regionales. En base a ello, se adoptan los parámetros técnicos establecidos por la FIFA para esta categoría, tal como se resume en la tabla 23.

Tabla 23: Requisitos de Iluminación Según FIFA

Criterio Técnico	Requisito FIFA Clase II
Nivel medio de iluminancia	500 lux (horizontal)
Uniformidad	≥ 0.6
IRC (Índice de Reproducción Cromática)	≥ 65
Temperatura de color	$\geq 4000 \text{ K}^\circ$
Nivel de deslumbramiento	≤ 50

Fuente: Norma FIFA

Si bien áreas como la pista atlética no están contempladas directamente en los cálculos principales de iluminación, se prevé que sean iluminadas de forma indirecta mediante el haz de luz proyectado desde las luminarias instaladas para el campo de juego. Esta solución técnica permitirá extender la cobertura lumínica sin comprometer los parámetros exigidos para el área principal. En la etapa correspondiente al sistema de automatización y control, se detallarán los escenarios de iluminación programables, los cuales incluirán activaciones específicas para la pista atlética y otras zonas auxiliares del estadio.

5.2.2.1 Selección del Sistema de Iluminación. De acuerdo con la recomendación de la Norma FIFA y las características del estadio, se opta por un sistema de iluminación lateral compuesto por 6 torres distribuidas a lo largo del campo y ubicadas detrás de las tribunas tal como se muestra en la figura 39 y tomando como referencia las figuras 12 y 23 se realiza la distribución

de las torres. Esta configuración es la más adecuada para proporcionar una iluminación uniforme y evitar sombras, mejorando la visibilidad general del campo de juego.

Figura 39: Ubicación de las Torres de Iluminación



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Etapa 3: Selección de la tecnología de iluminación

Luego de evaluar diversas alternativas tecnológicas en el capítulo IV, se selecciona la luminaria **Arena Visión LED** de Philips como la solución más adecuada para el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos. Esta elección se basa en su alineación con los requisitos técnicos establecidos por la Norma FIFA para estadios de clase II, así como por su desempeño comprobado en instalaciones deportivas de media y alta exigencia.

La luminaria Arena Visión LED destaca por ofrecer las siguientes ventajas técnicas:

- Alta eficiencia energética, lo que permite reducir el consumo eléctrico sin comprometer el nivel de iluminación.
- Índice de reproducción cromática elevada, que garantiza una percepción precisa de los colores, esencial para la calidad visual del juego y las transmisiones.

- Distribución uniforme del haz luminoso, reduciendo zonas oscuras o sobre iluminadas en el campo.
- Control efectivo del deslumbramiento, mejorando la visibilidad de jugadores, árbitros y público.
- Larga vida útil y bajo mantenimiento, lo que mejora la sostenibilidad operativa.
- Compatibilidad con sistemas inteligentes de control, incluyendo protocolos como DALI, DMX y plataformas IoT para la gestión de escenarios, automatización y monitoreo remoto.

Por estas razones, se determina que la Arena Visión LED de Philips cumple con los criterios técnicos, normativos y funcionales definidos en esta investigación. la tabla 24 presenta sus principales especificaciones técnicas según la información proporcionada por el fabricante:

Tabla 24: Características Técnicas de la Lampara Elegida para el Campo de Futbol

Datos tecnicos sobre la luz	Luminaria
Flujo luminoso	130,830 lm
Temperatura de color	5700 K°
Eficiencia luminosa	130 lm/W
IRC	> 90
Consumo de energia	1010 W
Vida util	100,000 h
Compatibilidad con Sistema de control	DMX/DALI/ Interact Sports



Fuente: Arena Visión LED (Philips, 2023)

5.2.4 Etapa 4: Cálculos preliminares

En esta fase se determinan los parámetros técnicos esenciales para garantizar que el sistema cumpla con los estándares establecidos. A continuación, se realiza el cálculo luminotécnico que implica la altura de montaje de las luminarias, cantidad de luminarias necesarias, etc.

5.2.4.1 Cálculo de la Altura de Montaje. El cálculo de la altura de montaje de las luminarias viene dado por las ecuaciones (11) y (12) que hace referencia al ángulo en el que se

evita reflejos y sombras, el ángulo de 25° se elige porque los resultados reflejan mejor la vida real de una instalación de nivel medio, que se expresa de la siguiente manera:

$$sb = \frac{\frac{\text{Ancho}}{2} * \text{Tag}(25^\circ)}{\text{Tag}(75^\circ) - \text{Tag}(25^\circ)}$$

Reemplazando valores en la ecuación:

$$sb = \frac{\frac{76}{2} * \text{Tag}(25^\circ)}{\text{Tag}(75^\circ) - \text{Tag}(25^\circ)} = 5.44 \text{ m}$$

Según el cálculo, la distancia mínima entre el borde del estadio y la posición de la torre es de 5.44 m, pero las torres estarán detrás de las tribunas tal como se muestra en el plano A-01, por lo que (sb) tendrá un valor de 21 m.

Para el cálculo de la altura mínima se utiliza la ecuación 12:

$$H \geq \text{Tag}(25) * \left(\frac{\text{Ancho}}{2} + sb \right)$$

$$H \geq \text{Tag}(25) * \left(\frac{76}{2} + 21 \right) \geq 28$$

Estas ecuaciones proporcionan los cálculos ideales para la iluminación de las instalaciones deportivas de competición intermedia.

La optimización comienza en instalaciones deportivas típicas a partir de 18 metros, ya que brinda a las luminarias una mejor distribución de la luz. Como resultado las luminarias estarán ubicadas a partir de una altura de **28 m** para evitar el deslumbramiento. Las torres estarán distribuidas de acuerdo como se muestra en el **plano A-01** de la **descripción arquitectónica del estadio de fútbol**.

5.2.4.2 Obtención del Coeficiente de Utilización del Haz. Los parámetros del coeficiente de utilización del haz (CBU) y el factor de mantenimiento deben tenerse en cuenta al calcular el número de luminarias.

El **CBU** depende de varios factores, incluidas las características fotométricas, el sistema seleccionado, la altura de las torres y la distancia. Para este proyecto se utilizará un CBU estándar que es igual a 0.6 esto de acuerdo a la **tabla 2**.

5.2.4.3 Obtención del Factor de Mantenimiento. Al inicio del proyecto, el diseñador y el cliente deben acordar el factor de mantenimiento. Debe incluir el plan de mantenimiento que determina los factores de mantenimiento. Si no hay acuerdo sobre el factor de mantenimiento, se usa un valor aproximado de **0.8** (Philips, 2023).

5.2.4.4 Cálculo del Número de Luminarias Necesarios. Se procede a calcular el número de proyectores para el diseño del sistema de iluminación seleccionada, a partir de las ecuaciones (15 y 16):

$$N_p = \frac{E_{med} * Area}{\phi_{has} * CBU * f_m}$$

Reemplazando valores:

$$N_p = \frac{500 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8}$$

$$N_p = \frac{3773020}{62798.40}$$

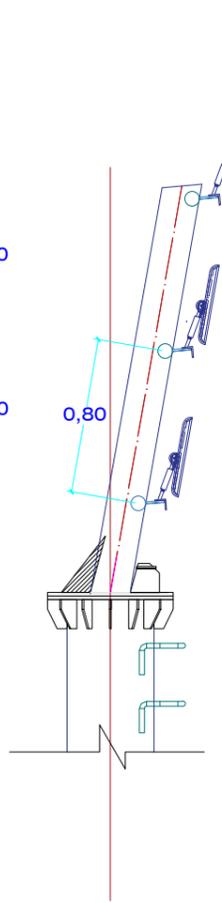
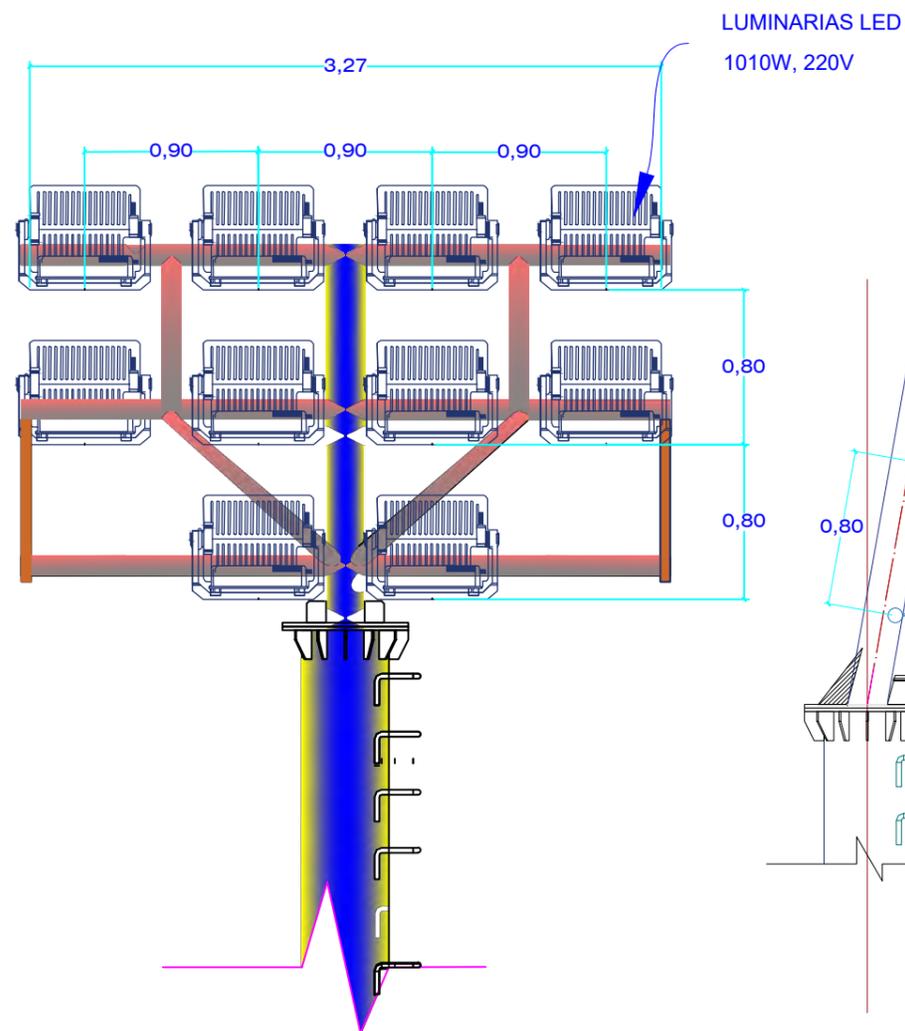
$$N_p = 60.08$$

$$N_{p \text{ por torre}} = \frac{60.08}{6} = 10 \text{ proyectores}$$

Se determina que se requieren 10 proyectores por torre para cumplir con los requisitos de iluminación de la Norma FIFA. Estos proyectores se distribuirán en las torres de manera que se minimice las sombras y se logre una distribución uniforme de la luz sobre el campo.

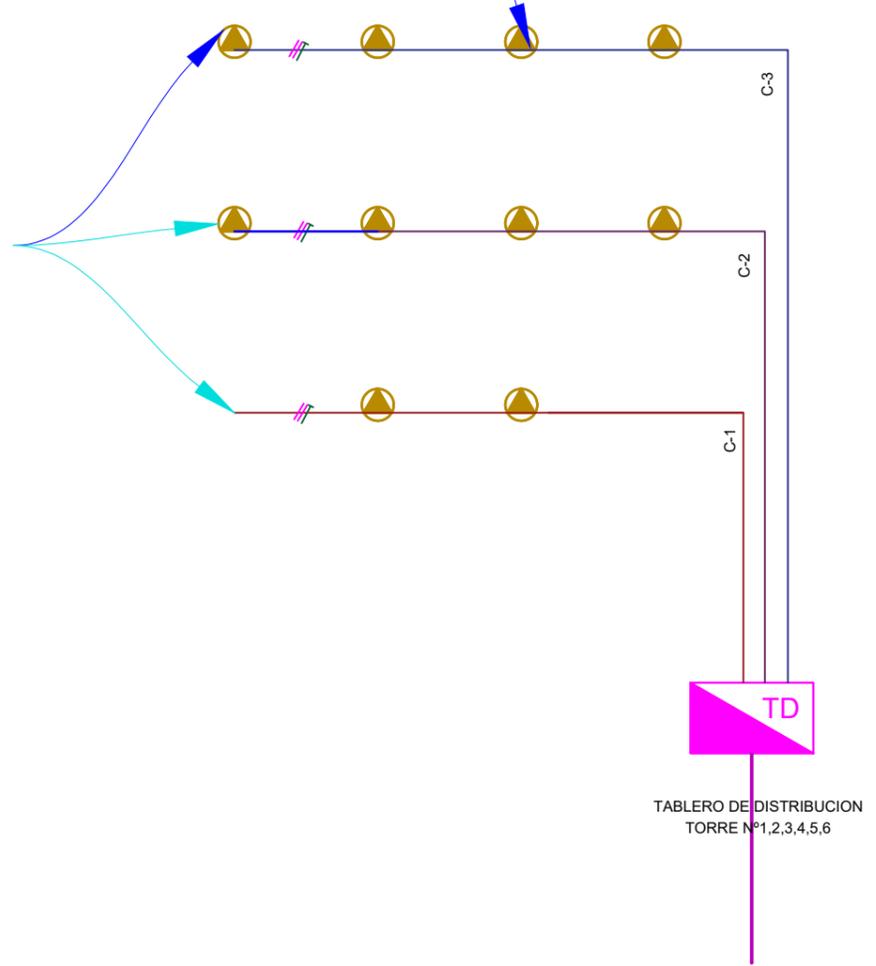
5.2.4.5 Disposición de las Fuentes de Luz. La disposición de las luces en el estadio deportivo se estructurará en paneles y se determinará por el número de torres colocadas cerca de las tribunas. Los proyectores tendrán una forma cuadrada o rectangular debido a que están ubicados en torres.

Ya calculada el número de proyectores por torre, la disposición de las fuentes de luz se basará en el eje vertical de la torre, donde se colocarán los proyectores, las luminarias se dispondrán de la siguiente manera en cada torre: en la primera fila de cada torre, se instalarán 2 luminarias, en la segunda y tercera fila se instalarán 4 luminarias tal como se muestra en el siguiente **plano IE-01**.

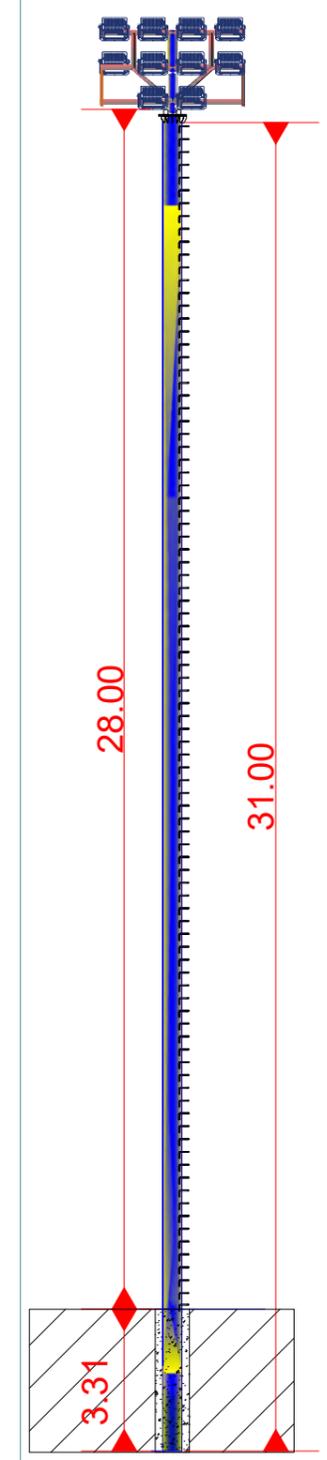


SALIDA DE FUERZA EN C. DE 100x100x80 DE PVC-IP64

CONDUCTOR LSOH 2x6mm² + 1x6mm²(N), 28mmØ
DUCTO-TUBO MILFLEX LH



1 ESCALA 1:50

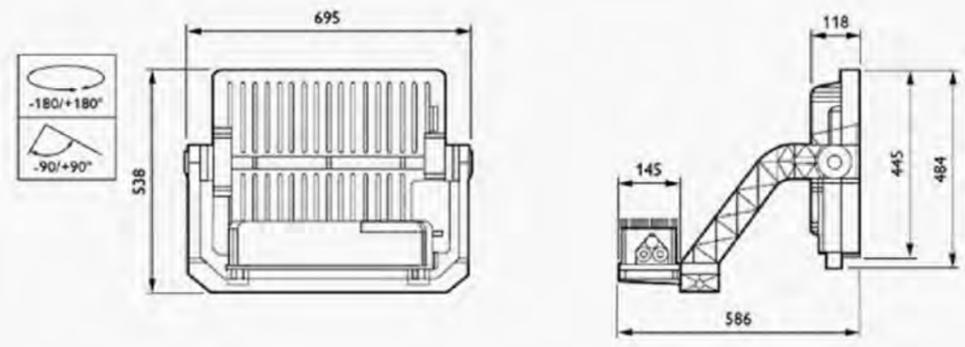


DETALLE JUSTIFICATIVO:
CADA TORRE DE ILUMINACIÓN ESTARÁ CONFORMADA POR UN POSTE DE CONCRETO ARMADO DE 31 METROS DE ALTURA TOTAL, CON 27.7 METROS LIBRES SOBRE EL NIVEL DEL CAMPO Y 3.3 METROS EMPOTRADOS EN CIMENTACIÓN. EL POSTE SERÁ DE CONCRETO PRETENSADO, DISEÑADO PARA RESISTIR VIENTOS, CONTARÁ CON UNA ESCALERA TIPO GATO GALVANIZADA, UNA PLATAFORMA DE MANTENIMIENTO EN LA PARTE SUPERIOR. LA INSTALACIÓN DE LAS LUMINARIAS SERÁ MEDIANTE SOPORTES AJUSTABLES PARA ASEGURAR UNA DISTRIBUCIÓN DE LUZ ADECUADA.

LEYENDA

METRADO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
		SALIDA DE FUERZA PARA PUNTO DE ILUMINACION
06		TABLERO DE 36 POLOS

Plano de dimensiones



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: DISPOSICION DE LUMINARIAS DE 1010W

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS			FECHA	ESCALA	LAMINA
REGIÓN:	PROVINCIA:	DESTRITO:	2025	1:50	IE-01
CUSCO	QUISPICANCHI	URCOS			

5.2.5 Etapa 5: Simulación y Verificación del Sistema de Iluminación

En esta etapa se realiza la simulación del sistema de iluminación propuesto, considerando tanto el campo de juego como las áreas interiores y complementarias del Estadio Municipal de Urcos. El objetivo es verificar el cumplimiento de los niveles de iluminación exigidos por las normas aplicables.

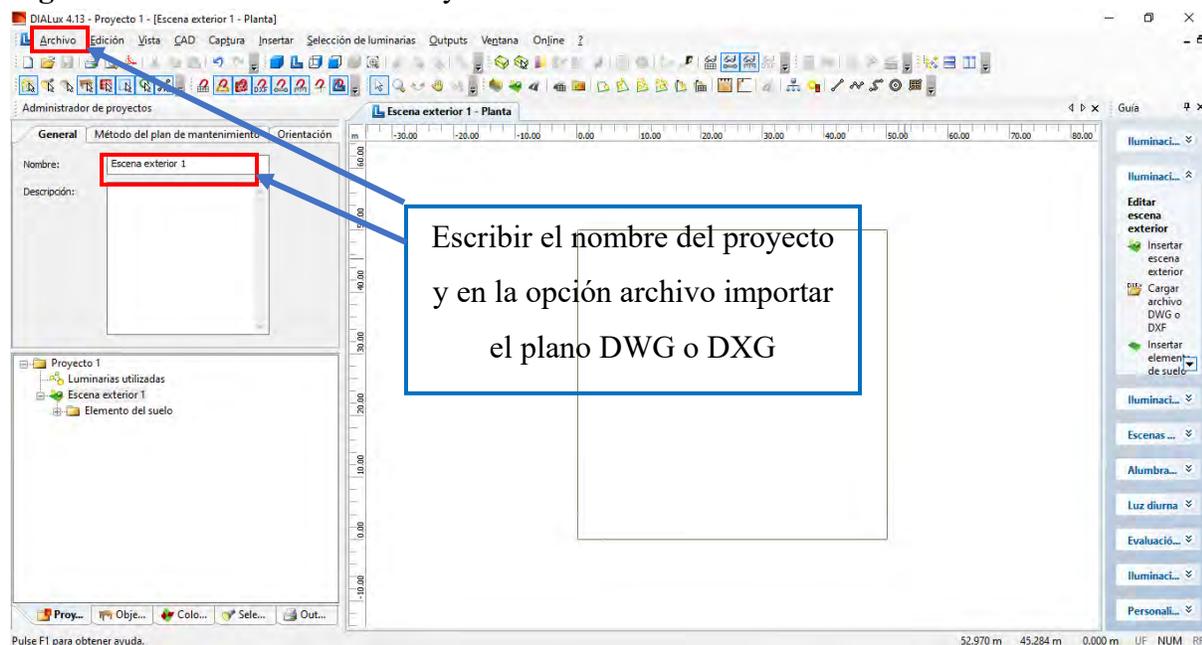
Para el campo de juego, se aplica la Norma FIFA, y se utiliza el software DIALux 4.1, validando los resultados obtenidos a partir de los cálculos preliminares desarrollados en la etapa 4.

En el caso de las áreas interiores y complementarios, como vestuarios, oficinas, subestación eléctrica, pasillos, stand, etc. Se emplea la NTP EM.010 como referencia. La simulación se realiza mediante DIALux evo, utilizando planos CAD y los datos técnicos de las luminarias seleccionadas.

5.2.5.1 Simulación Lumínica del Campo de juego. La simulación lumínica del campo de juego permite validar si la cantidad, altura y distribución de las luminarias cumplen con los parámetros establecidos por la Norma FIFA clase II, garantizando una iluminación homogénea, eficiente y con niveles adecuados para la práctica deportiva.

Para ello, se utilizó el software DIALux 4.13, especializado en simulaciones lumínicas para espacios abiertos como estadios. Siguiendo el procedimiento detallado en la tabla 4, se inicia la simulación haciendo clic en la opción “Nuevo proyecto exterior”, tal como se muestra en la figura 21, y se despliega la ventana de configuración inicial ilustrada en la figura 40.

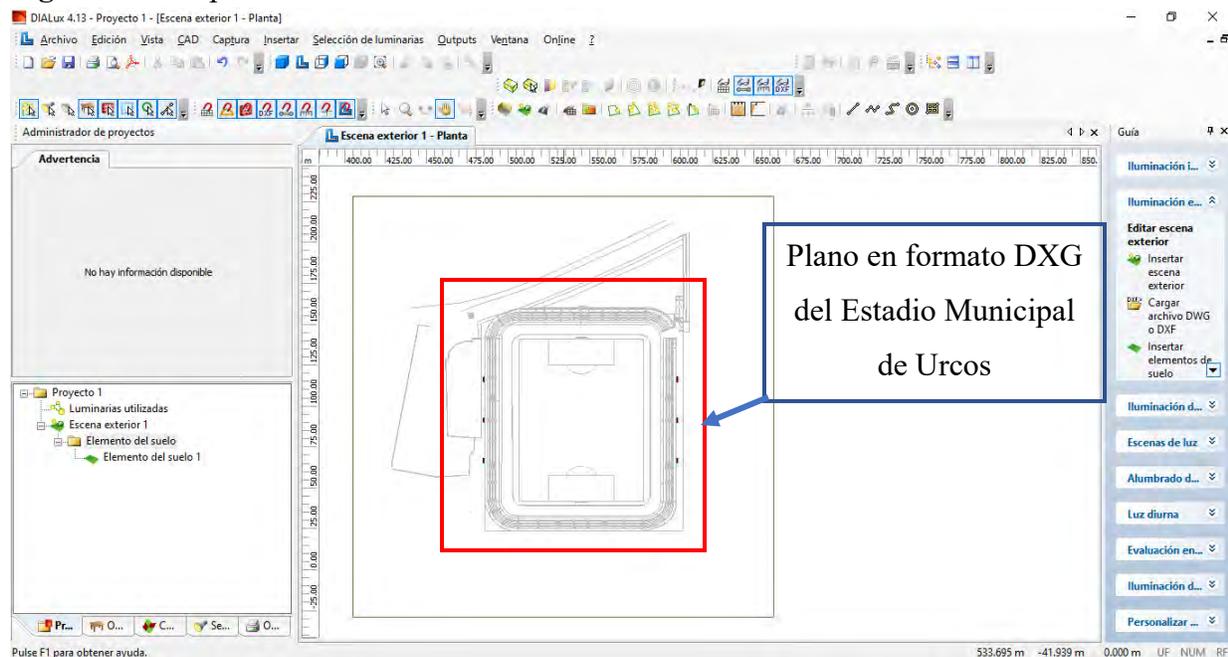
Figura 40: Administrador de Proyectos



Fuente: DIALux 4.13

En esta venta se puede escribir el nombre del proyecto que se va a realizar, luego se va a la opción archivo en importar se selecciona archivo DWG o DXG y se importa el plano del proyecto.

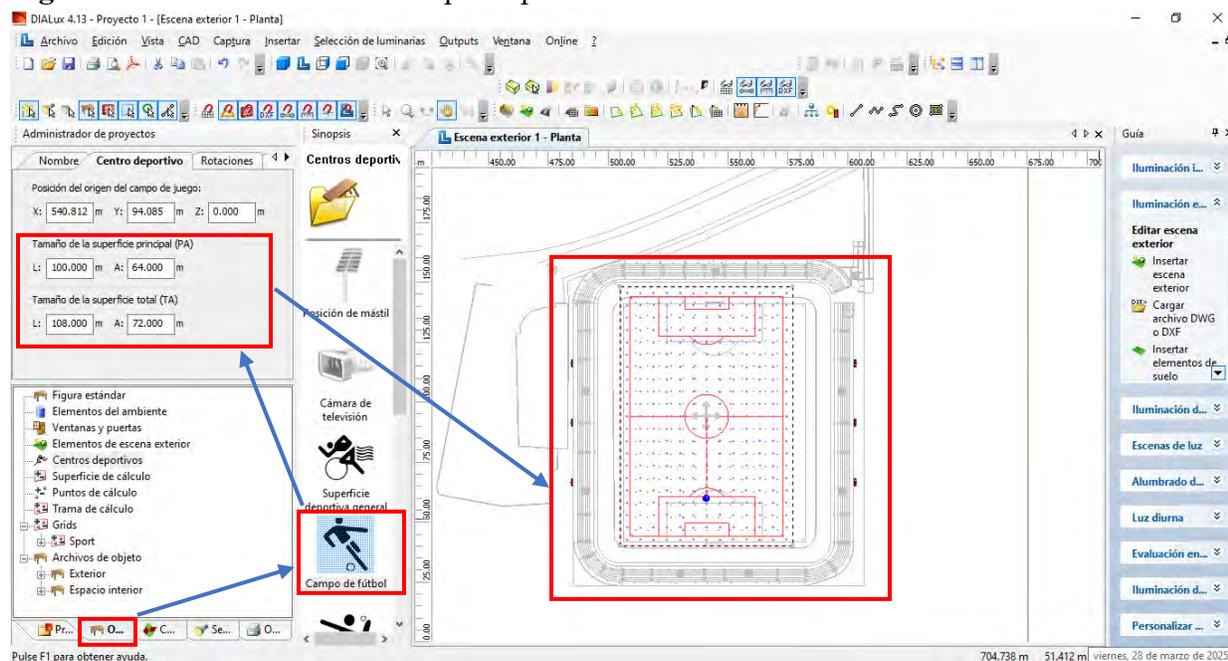
Figura 41 : Importación de Plano CAD



Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

Ya importado el plano de situación como indica la figura 41, se va a la pestaña de objetos donde se selecciona centros deportivos clip y luego se selecciona campos de futbol e insertar configurando las dimensiones tal como se ve en la figura 42.

Figura 42: Introducción del Campo Deportivo con sus Medidas



Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

Posteriormente, se instalan las luminarias seleccionadas, en este caso los proyectores Philips Arena Visión LED, utilizando los datos técnicos del catálogo oficial. Se ubican sobre las seis torres previstas, a una altura de 28 metros y distribuidas según el diseño arquitectónico del plano IE-01. En esta fase, el software permite ajustar el ángulo de inclinación, dirección del haz y posición exacta de cada proyector, optimizando la cobertura lumínica sobre todo el campo.

Una vez completada la configuración, se ejecuta el cálculo de la simulación. El software genera resultados cuantitativos (lux promedio, uniformidad, índice de deslumbramiento) y representaciones graficas que permiten validar el cumplimiento de la Norma FIFA.

5.2.5.2 Análisis de Resultados – Campo de Juego (Iluminación Horizontal). Una vez realizada la simulación en el software DIALux 4.13, se obtuvieron los valores luminotécnicos correspondientes al campo de juego, los cuales se compararon con los requisitos establecidos por la Norma FIFA clase II, orientada a estadios de competición nacional y regional sin transmisión televisiva.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 25: Comparación de Resultados de Iluminación vs. Requisitos FIFA Clase II

Parametro	Valor obtenido	Norma FIFA (Clase II)	Cumple
Iluminacion media (lux)	609	500	Si
Iluminacion minima (lux)	450	No indica	-
Iluminacion maxima (lux)	780	No indica	-
Uniformidad	0.74	> 0.6	Si
GR (deslumbramiento)	45	≤ 50	Si

Fuente: Elaboracion propia, con base en simulación en DIALux 4.13 y Norma FIFA.

Según la Norma FIFA, el índice de deslumbramiento debe ser $GR \leq 50$, teniendo los resultados de los cálculos se puede sacar el promedio de deslumbramiento.

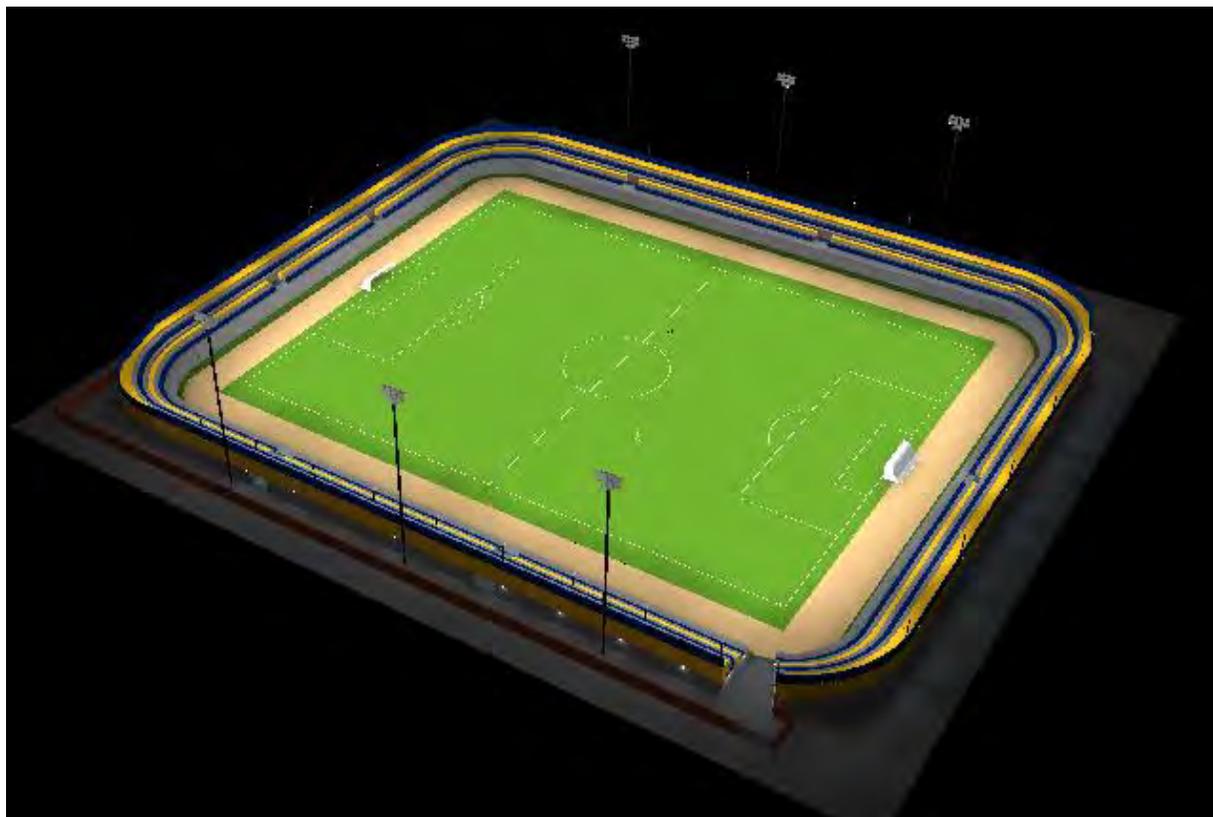
Procesando los resultados en el software DIALux, el índice de deslumbramiento promedio es:

$$GR_{\text{promedio}} = 45 \leq 50$$

Los resultados muestran que el sistema propuesto no solo cumple, sino que supera los requerimientos mínimos establecidos por la FIFA clase II en todos los aspectos críticos. La uniformidad de la iluminación horizontal es adecuada y permite visibilidad constante en todo el campo, mientras que el índice de deslumbramiento se mantiene dentro de los límites aceptables para evitar molestias visuales a jugadores y espectadores.

La figura 43 representa la simulación del diseño del sistema de iluminación del estadio Municipal de Urcos con un sistema de seis torres con proyectores Arena Visión LED con el cual se obtuvo una iniciativa del aspecto que va a tener el escenario deportivo y cada torre está conformado por 10 proyectores.

Figura 43: Iluminación del Estadio Municipal de Urcos con proyectores Arena Visión LED

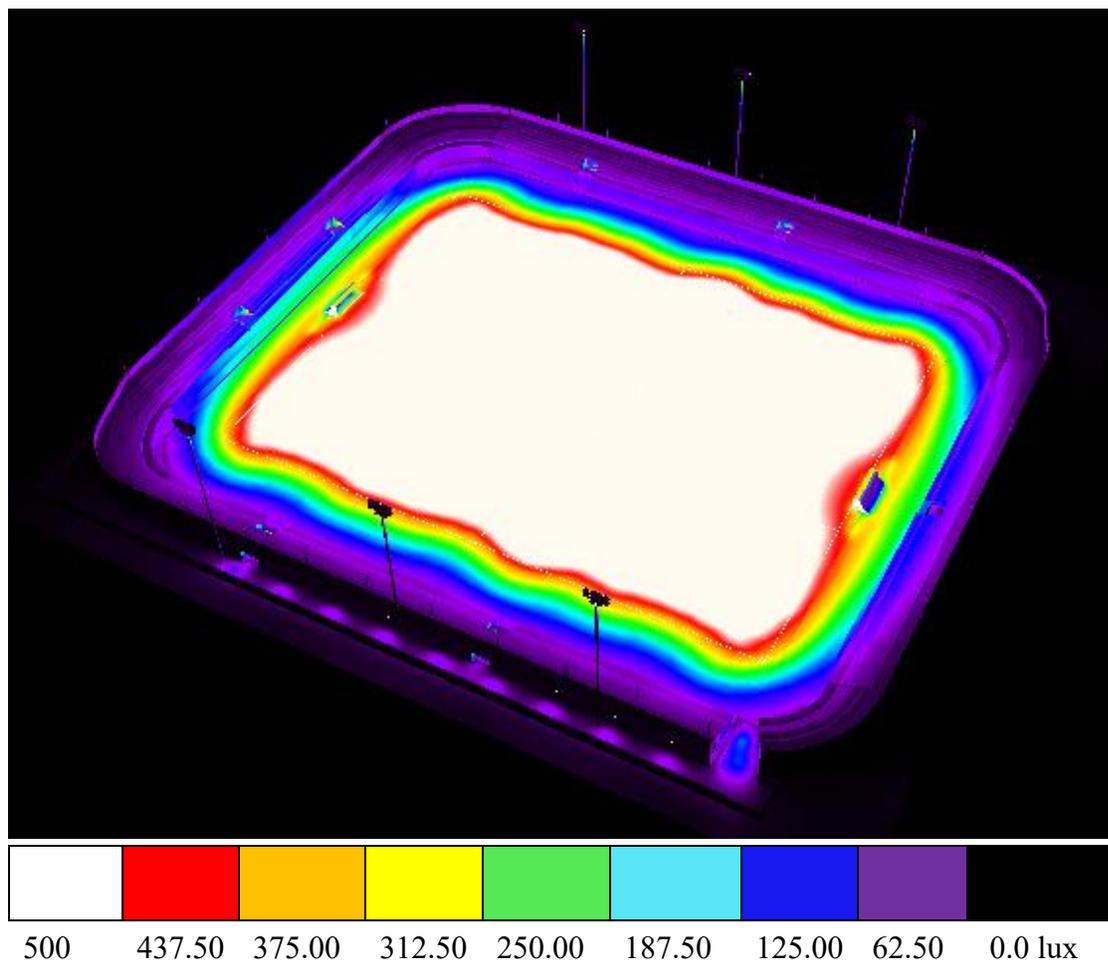


Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

En la simulación del sistema de iluminación del campo de juego del estadio, la figura 44 muestra la representación de las superficies iluminadas con distintos colores falsos para indicar la intensidad de la luz incidente en cada área.

En la figura 44 se aprecia que el color blanco es el de mayor incidencia con un valor de 500 lux y los demás colores representan el decrecimiento de la intensidad llegando a un color negro donde no hay iluminación.

Figura 44: Iluminación del Estadio Municipal de Urcos con Colores Falsos



Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

5.2.5.3 Análisis Gráfico de la Simulación – Plano Horizontal. Los gráficos generados en la simulación son herramientas clave para interpretar visualmente el comportamiento de la iluminación en el campo. A continuación, se explica el significado de cada uno de ellos:

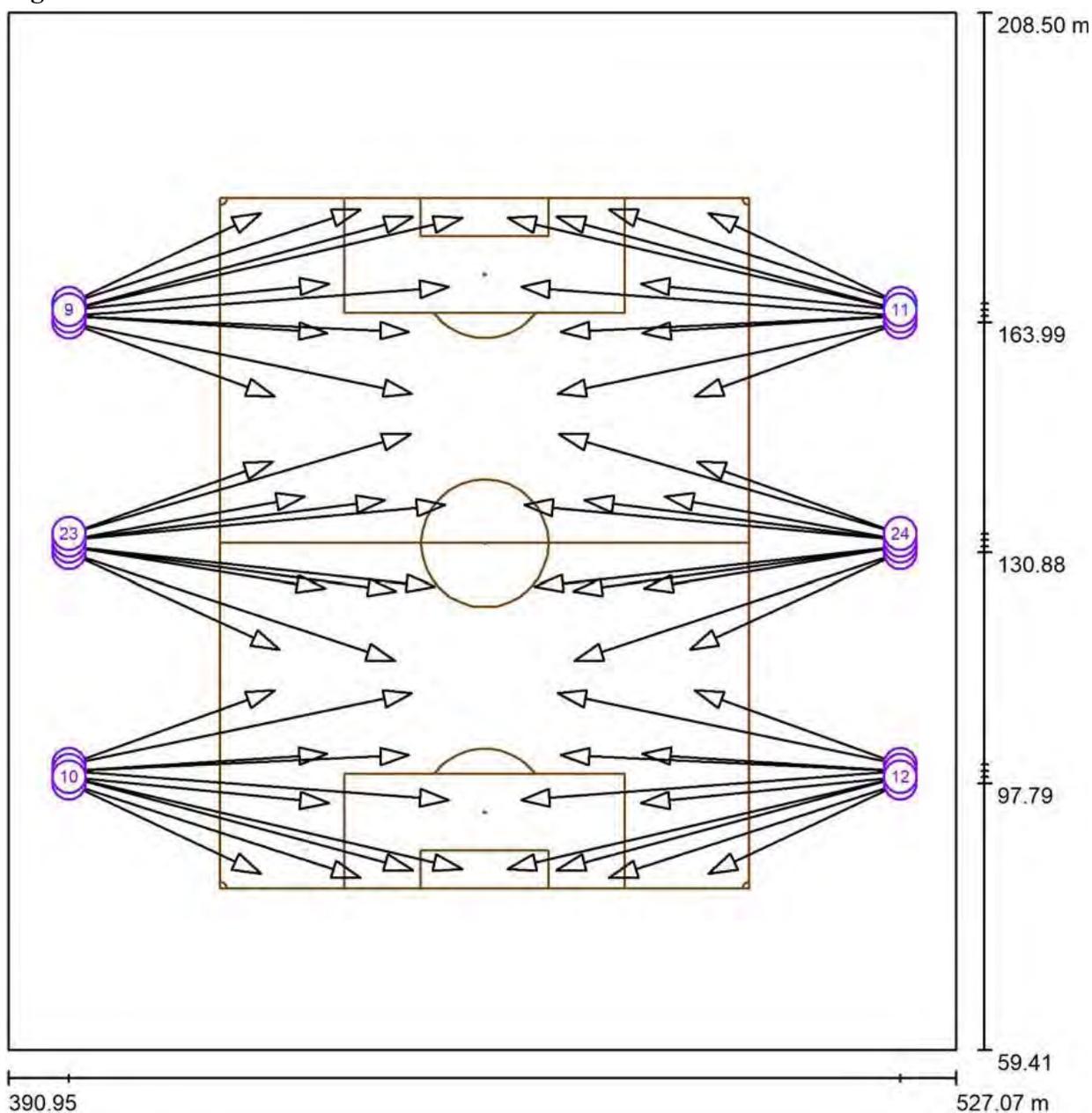
a) Direccionamiento de la Luz 2D

La dirección de la luz de los proyectores permite obtener la uniformidad necesaria mientras se mantiene la eficiencia.

La orientación de la luz es crucial porque su posición adecuada permitirá que cada proyector utilice la luz de manera adecuada y eficiente. Además, es esencial para alcanzar los estándares de uniformidad establecidos por la Federación Internacional de Fútbol Asociación.

La figura 45 muestra el enfoque de luz que se utilizó para cada luminaria, lo que permitió obtener valores de uniformidad que permanecieron dentro de los límites permitidos.

Figura 45: Direccionamiento de la Luz 2D

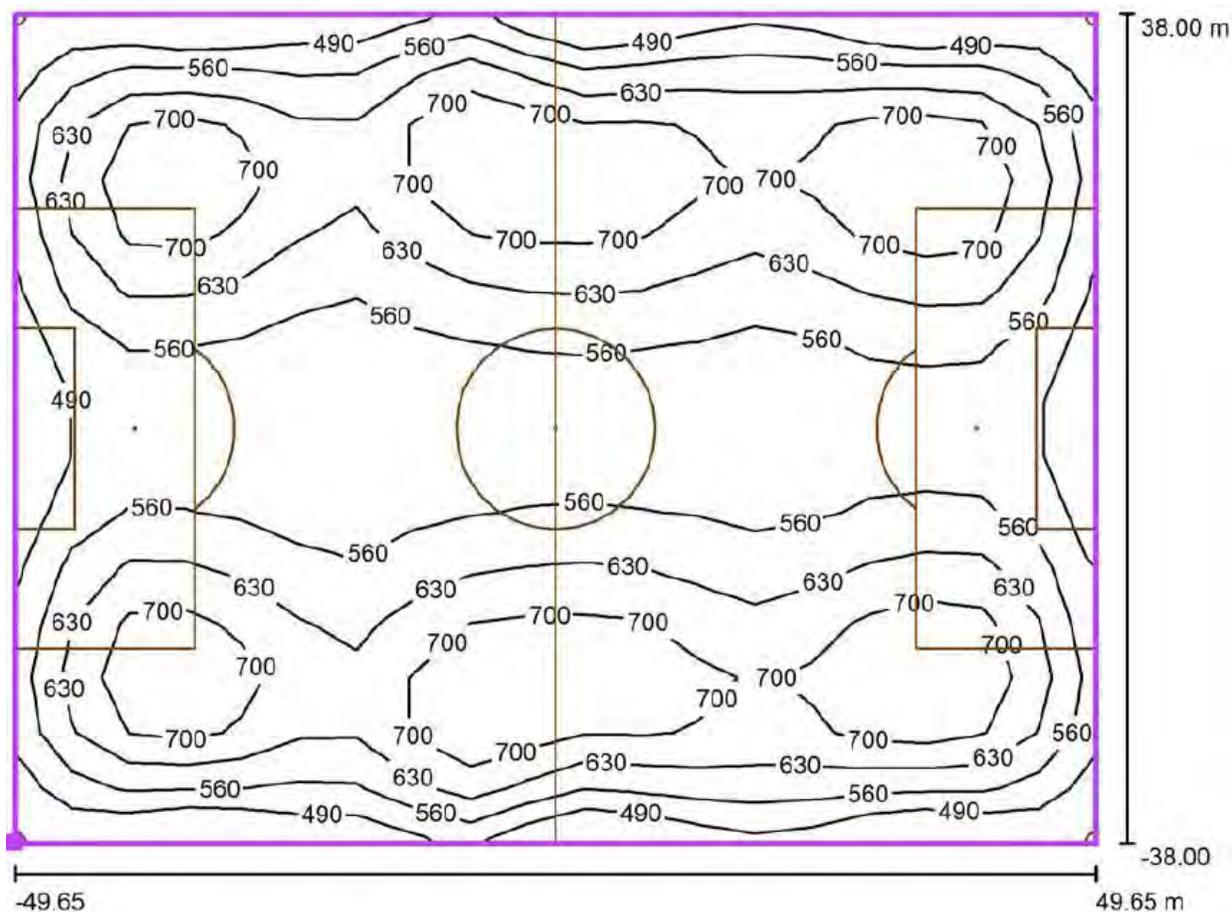


Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

b) Trama de isólinas horizontales (Trama PA)

Este gráfico muestra líneas curvas cerradas que conectan puntos con el mismo nivel de iluminación tal como se muestra en la figura 46. Esto sirve para visualizar la distribución horizontal de luz sobre el campo.

Figura 46: Isolíneas horizontal (Trama PA)



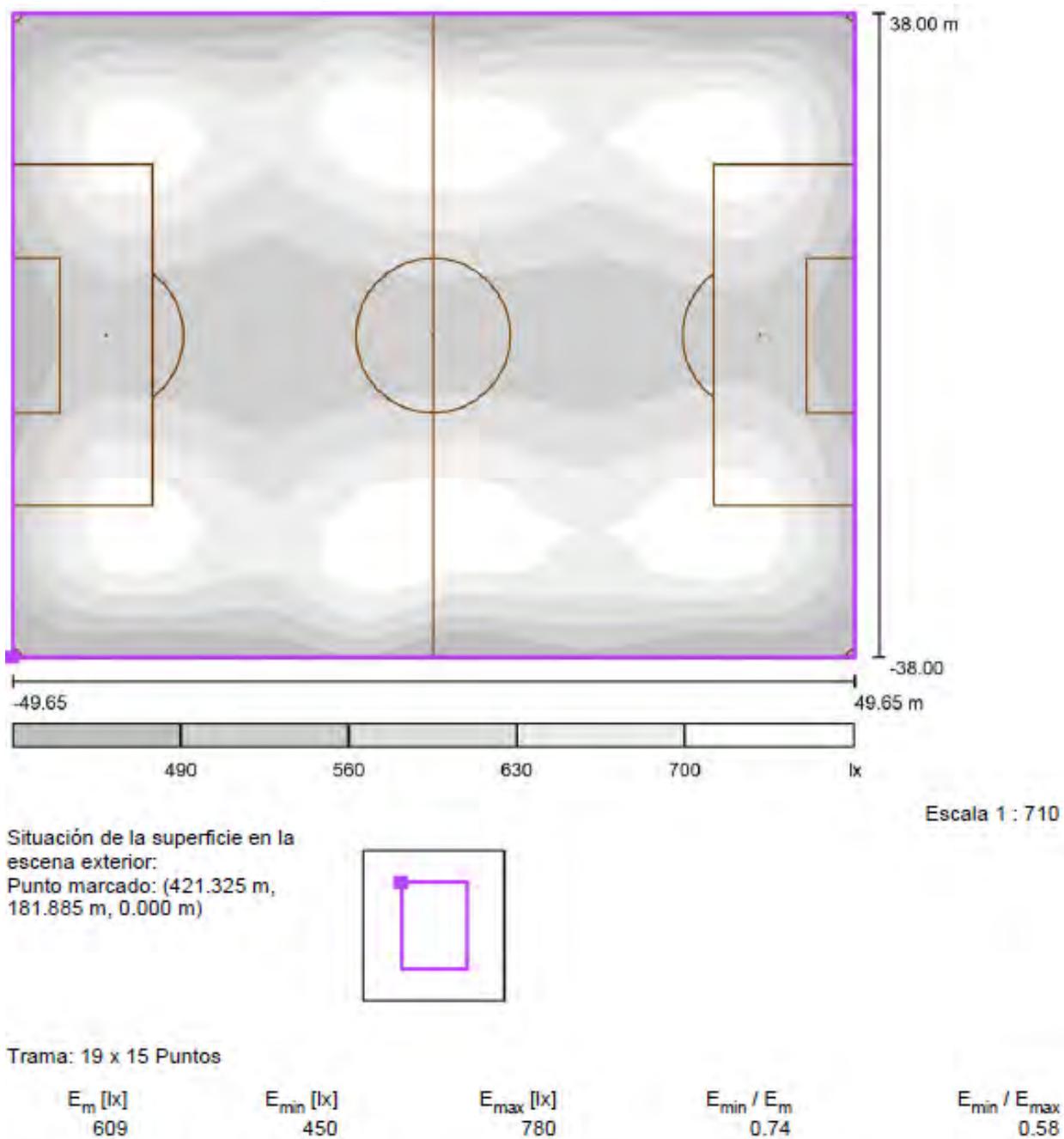
Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

De acuerdo a la figura 46, las isolíneas muestran que la distribución de la luz es consistente, con muy pocas zonas de sobre iluminación o subiluminación.

c) Gama de Grises

Este grafico presenta las distintas intensidades de iluminación mediante una escala de colores grises, asignado un color/tono a cada rango de iluminación tal como se puede apreciar en la figura 47.

Figura 47: Gama de Grises para la Trama del Estadio (PA)



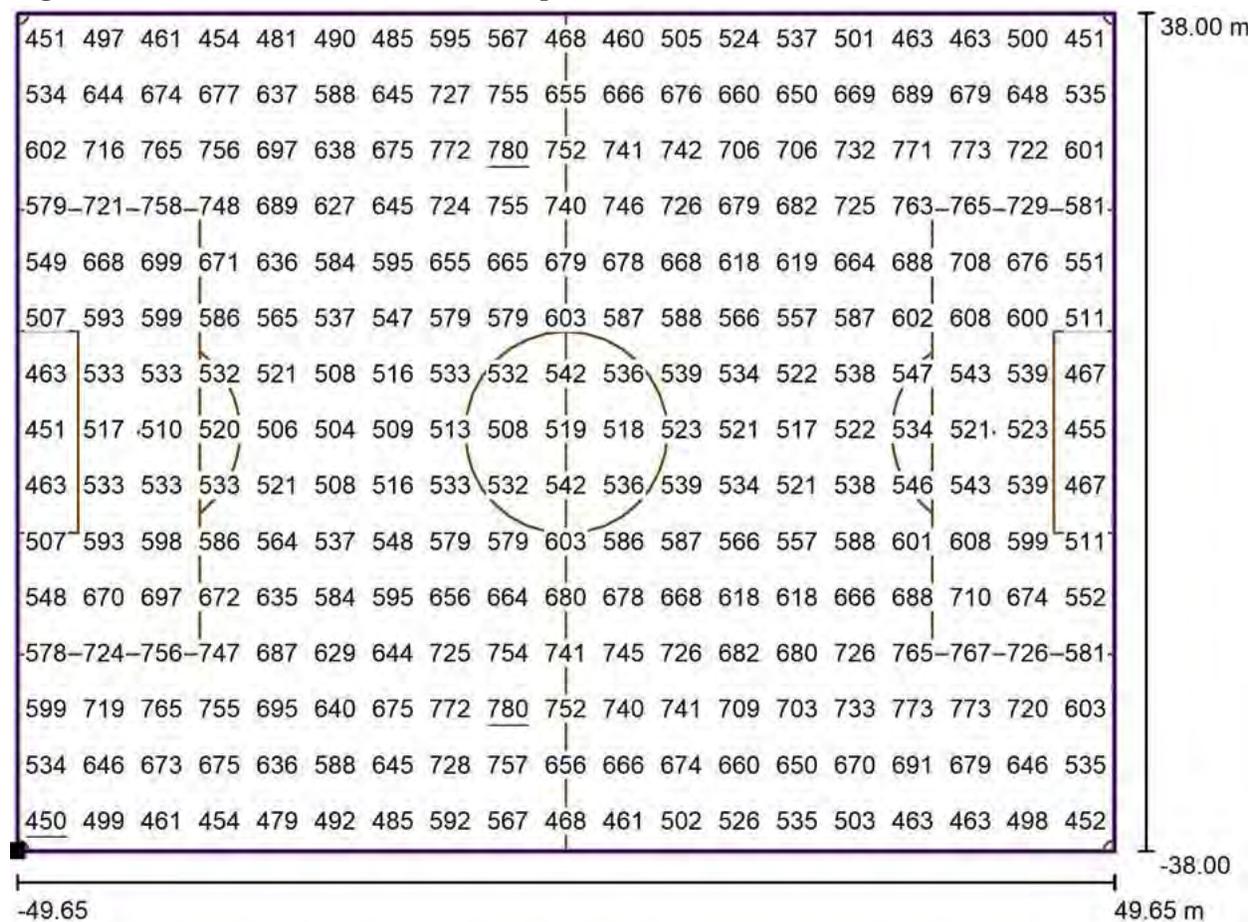
Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

En la figura 47 se puede observar que las zonas claras representan mayor nivel de iluminación; las más oscuras, menor intensidad.

d) Gráfico de valores de iluminación en trama PA (grafico numérico)

Se trata de una grilla de datos en la que se representen los valores puntuales de iluminación horizontal sobre toda la superficie del campo tal como se aprecia en la figura 48.

Figura 48: Grafico de Valores de Luxes para la Trama PA



Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

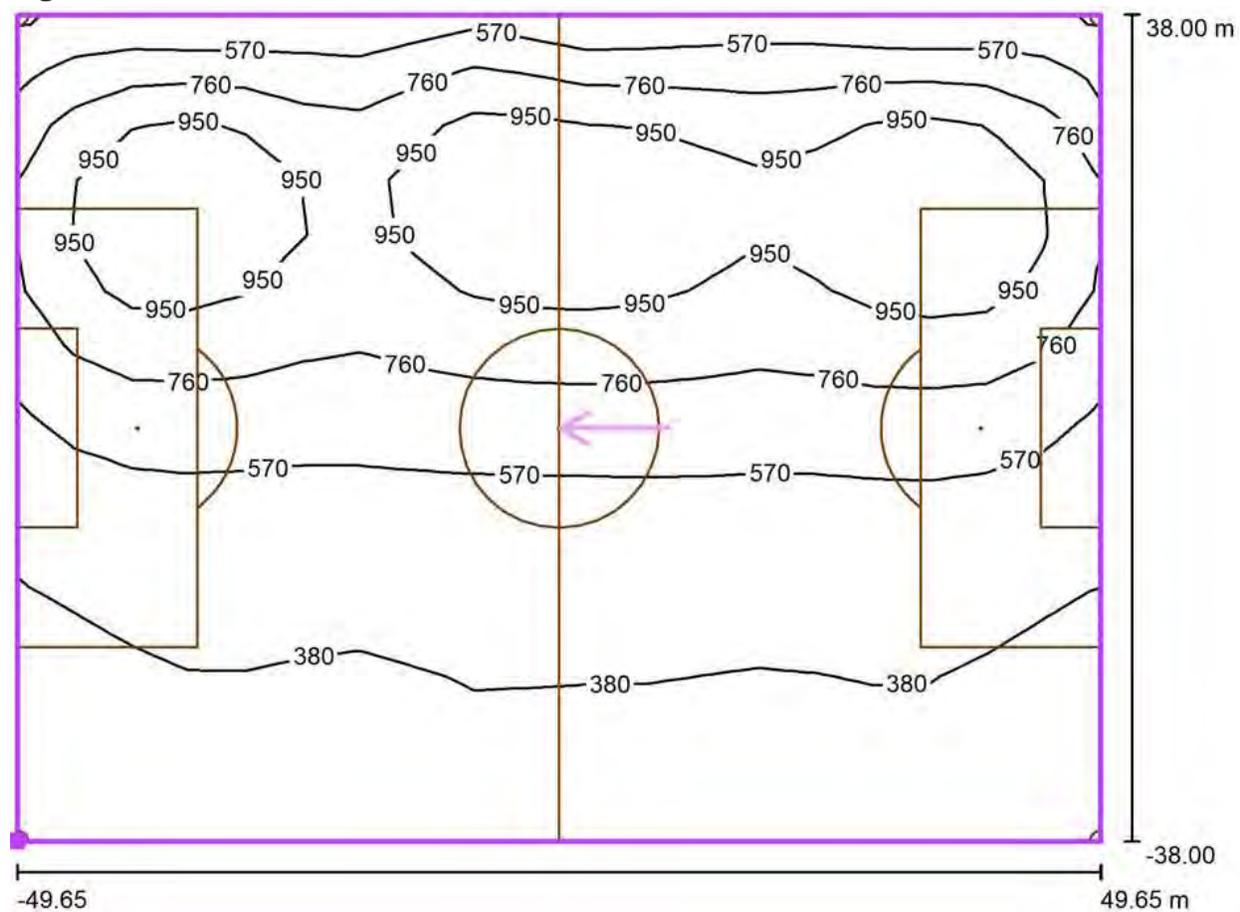
5.2.5.4 Análisis de la Trama PA - Plano Vertical. La trama vertical corresponde al análisis de la iluminación que incide de manera perpendicular sobre las superficies verticales.

Según la **Norma FIFA**, el análisis de iluminancia vertical solo es obligatorio para estadios de clase IV y clase V, es decir, aquellos que transmiten partidos por televisión. Como el Estadio Municipal de Urcos solo albergará partidos de liga y clubes locales sin transmisión televisiva según la tabla 12, no es un requisito obligatorio, pero se ha realizado el análisis como referencia técnica para validar la calidad visual general del campo.

a) Trama de isolíneas verticales

Las isolíneas en la simulación del plano vertical muestran una distribución aceptable en las zonas de mayor actividad (medio campo y zonas de gol), con niveles que permiten buena visibilidad para los jugadores, sin generar zonas de sombra o deslumbramiento tal como se indica en la figura 49.

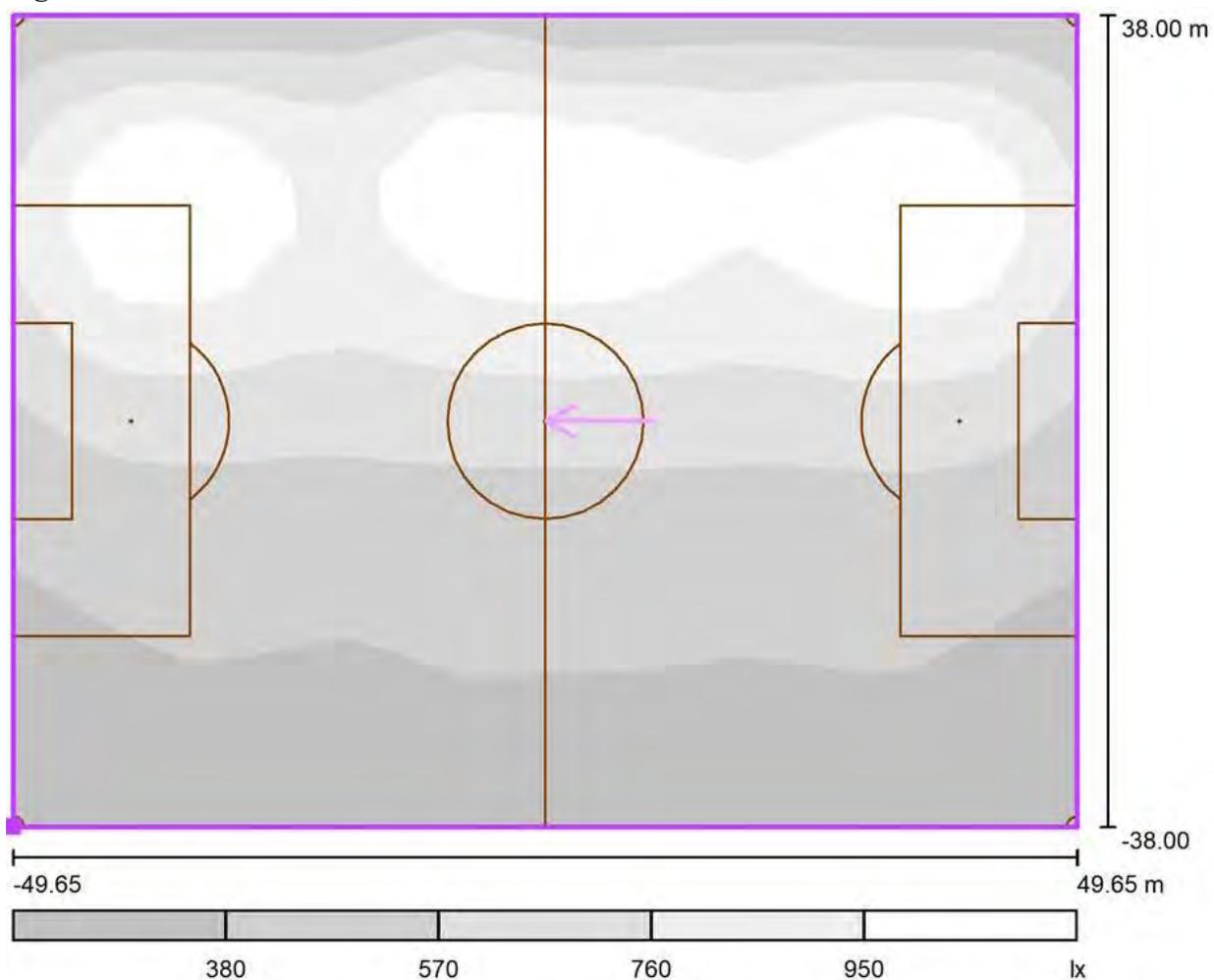
Figura 49: Trama de Isolíneas Verticales



Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

b) Gama de grises plano vertical

La figura 50 muestra que la mayoría de las áreas relevantes se encuentran dentro de una escala media-alta, lo cual es suficiente para asegurar la visibilidad vertical sin necesidad de cumplir exigencias televisivas.

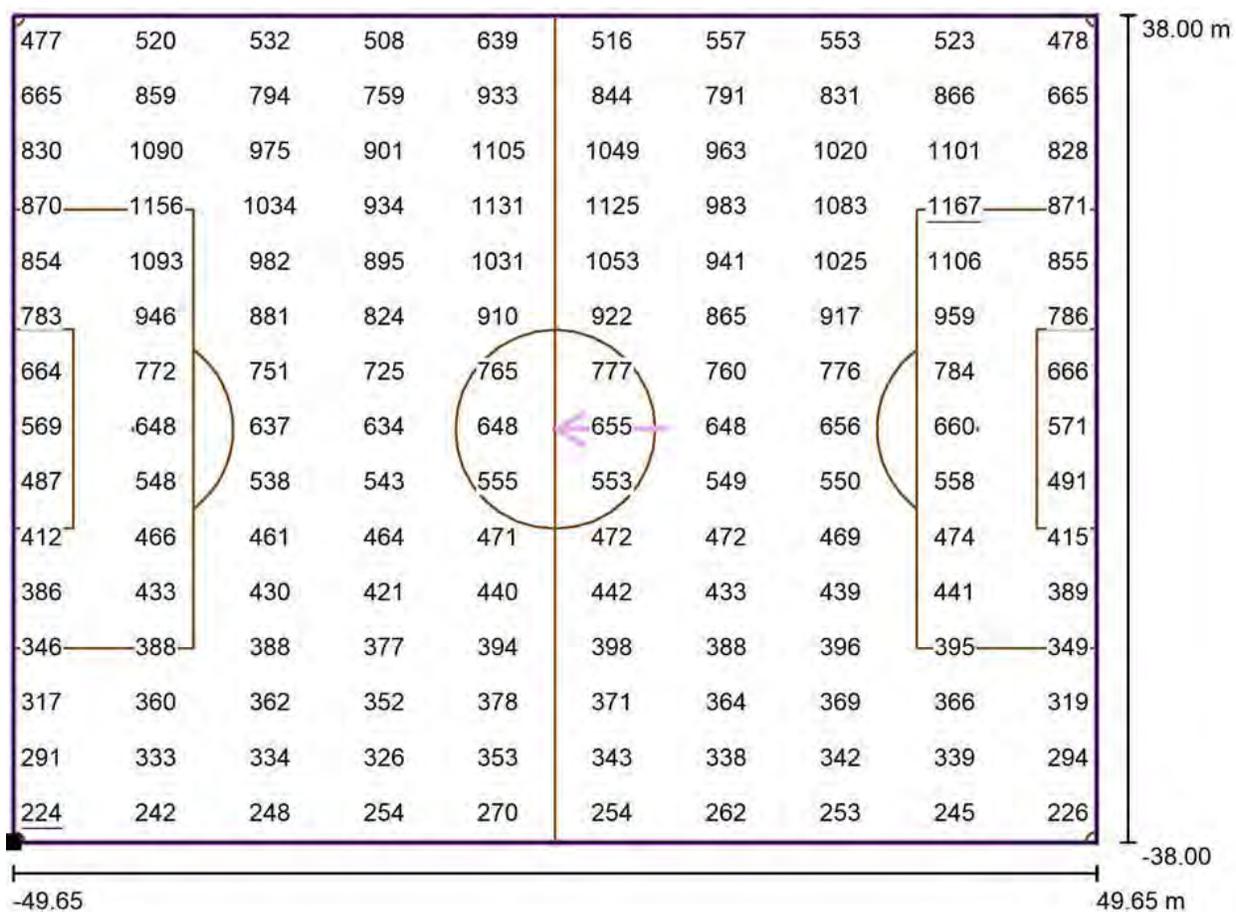
Figura 50: Gama de Gises Plano Vertical

Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

c) Gráfico de colores numéricos de iluminación en la trama vertical

Este gráfico detalla los niveles de iluminación vertical sobre un plano a 1.5 m de altura, simulando la altura promedio de los jugadores

Los valores obtenidos en la figura 51 se mantienen entre 140 y 400 lux en las zonas principales del campo, lo cual es aceptable para eventos sin televisión y permite que los jugadores mantengan una percepción clara del balón, el entorno y los oponentes.

Figura 51: Trama de Isolíneas Verticales

Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

Tabla 26: Resultados de Análisis Vertical

Parámetro	Valore referencial	Observaciones
Iluminación media vertical	392	Adecuado para visibilidad general
Uniformidad vertical	0.23	Suficiente para eventos no televisados

Fuente: Elaboración propia, con base en simulación en DIALux 4.13.

Aunque la iluminación vertical no es requerida por normativa para este estadio, la simulación demuestra que el sistema de la iluminación propuesto proporciona una visibilidad vertical adecuada para partidos de liga local.

5.2.5.5 Iluminación de Áreas Interiores y Complementarias. La iluminación de las áreas interiores y complementarias del estadio es esencial para garantizar seguridad, funcionalidad y

confort visual en ambientes como vestuarios, pasillos, oficinas administrativas, servicios higiénicos, subestación eléctrica, grupo electrógeno, centro de control, entre otros.

a) Norma de Referencia.

Para esta simulación se toma como base la NTP EM.010, que establece los niveles mínimos de iluminación recomendados según el tipo de actividad y espacio.

A continuación, se detallan los valores normativos aplicables:

Tabla 27: Niveles de Iluminación Recomendados (NTP EM.010)

Ambiente	Nivel mínimo (lux)	Actividad principal
Vestuarios y duchas	200	Higiene, cambio de ropa
Oficinas administrativas	300	Lectura, trabajo de escritorio
Pasillos y circulación	100	Transito personal
Cocina	300	Preparación de alimentos
Comedor- cafetín	100	Consumo de alimentos
Escaleras	150	Transito personal
Servicios higiénicos	100	Higiene personal
Subestación eléctrica	300	Operación y mantenimiento eléctrico
Sal de grupo electrógeno	300	Supervisión de equipos
Centro de control y automatización	300	Supervisión de sistemas eléctricos/lumínicos
Stand	200	Atención al público

Fuente: NTP EM.010- alumbrado de interiores

b) Metodología y Herramientas.

Para esta simulación se utilizó el software DIALux evo, que permite modelar en 3D entornos interiores, incorporar planos arquitectónicos (DWG), y seleccionar luminarias desde catálogos técnicos. A diferencia del campo de juego, en esta etapa no se requiere cálculos preliminares, ya que el propio software realiza automáticamente los cálculos de iluminancia en función de los parámetros de diseño.

Procedimiento aplicado:

- Importación de plano (instalaciones interiores existentes y proyectadas).

- Modelado 3D de cada espacio interior según dimensiones reales.
- Definición de reflectancias para techo, paredes y pisos.
- Selección e inserción de luminarias LED eficientes desde catálogos DIALux.
- Asignación de niveles de iluminancia de acuerdo con la NTP EM.010.
- Calculo automático y verificación normativa con DIALux evo.

c) Resultados de la Simulación.

Los valores iluminancia obtenidos fueron comparados con los requisitos normativos, como se presenta a continuación:

Tabla 28: Resultados de la Simulación de Areas Interiores

Ambiente	Iluminación obtenida (lux)	Requisito normativo (lux)	¿Cumple?
Vestuarios y duchas	210	≥ 100	Si
Oficinas administrativas	318	≥ 300	Si
Pasillos y circulación	181	≥ 100	Si
Cocina	388	≥ 300	Si
Comedor- cafetín	171	≥ 100	Si
Escalera	157	≥ 150	Si
Servicios higiénicos	113	≥ 100	Si
Subestación eléctrica	370	≥ 300	Si
Sala de grupo electrógeno	382	≥ 300	Si
Centro de control y automatización	378	≥ 300	Si
Stand	215	≥ 200	Si

Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La disposición final de las luminarias en cada uno de los ambientes simulados se encuentra representada gráficamente en el plano IE-08 (ver Anexo 03), correspondiente al diseño de iluminación interior del Estadio Municipal de Urcos.

d) Análisis e Interpretación.

Los resultados de la simulación evidencian que el sistema de iluminación propuesto cumple con los requisitos técnicos definidos por la NTP EM.010, las luminarias utilizadas son de tipo LED, con temperatura de color de 400°K, adecuada para generar confort visual.

- En **ambientes operativos** como oficinas, cocina y el centro de control, los niveles de iluminación exceden el mínimo requerido para garantizar eficiencia y precisión visual.
- En **áreas de circulación y servicios higiénicos**, se logró una iluminación adecuada con luminarias de bajo consumo energético.
- El **Stand** y el **comedor-cafetín** fueron diseñados con niveles óptimos para el uso público, priorizando visibilidad, eficiencia y confort para los usuarios.

e) Iluminación de las Tribunas

El sistema de iluminación incluye luminarias LED de 200 W con temperatura de color de 4000°K, instaladas en postes de fiero galvanizado ubicados al final de las graderías de las tribunas, específicamente en la parte superior posterior a la última fila de asientos, según el plano IE-03 del anexo 03. Estas luminarias tienen como objetivo garantizar la visibilidad y seguridad de público durante el ingreso y salida del estadio.

Durante el acceso previo a un evento, las luminarias de tribunas estarna encendidas para facilitar una circulación segura. Durante el desarrollo del evento permanecerán apagadas para no inferir con la iluminación principal del campo. Al finalizar, se volverán a encender para asegurar una evacuación ordenada y segura.

Si bien nomas como la FIFA, UNE- EN 12193 y DGE- 017 definen criterios para la iluminación del campo de juego, no establecen valores específicos para graderías. La UNE- EN 12193 menciona de forma general un nivel de entre 10 y 20 lux en áreas de espectadores, sin carácter obligatorio.

Por ello, el diseño adopta un nivel de iluminación entre 50 y 100 lux para tribunas, considerando criterios de seguridad, accesibilidad y buenas prácticas. Este rango garantiza una visibilidad adecuada sin afectar la iluminación del campo y cumple una función completaría clave en la gestión segura de eventos.

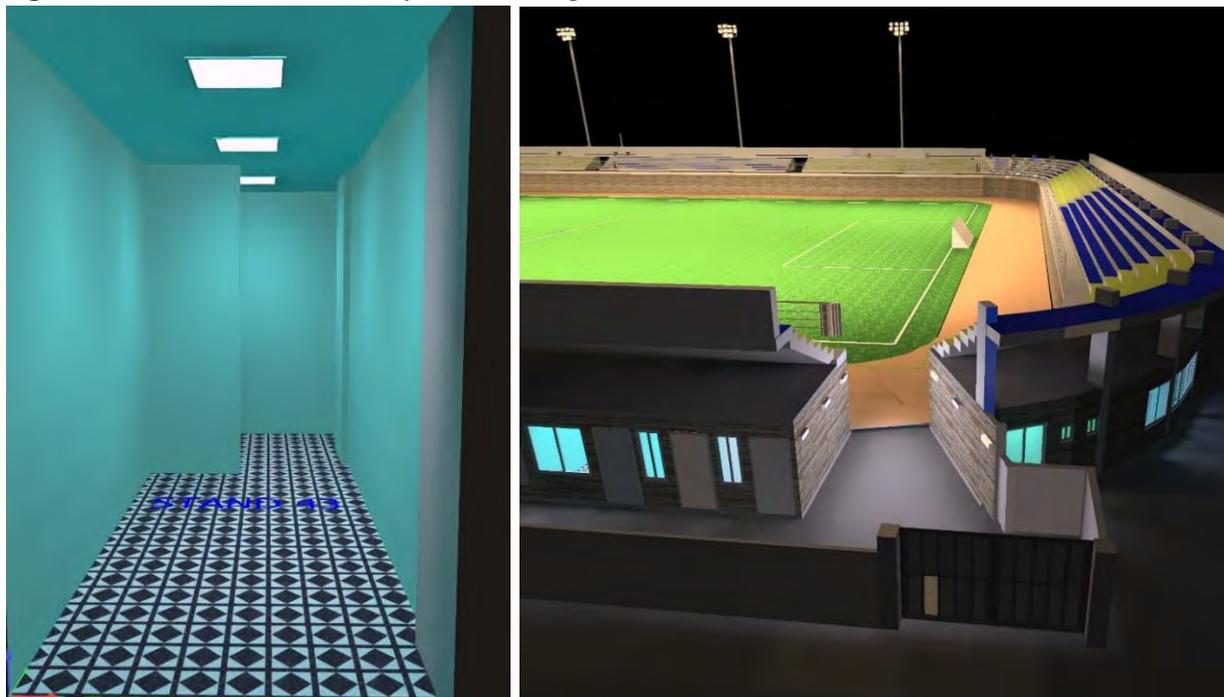
Cabe mencionar que el análisis del encendido, apagado y control automatizado de estas luminarias será abordado en la etapa 7 del diseño del sistema de automatización.

f) Representación Gráfica.

Se generaron vistas 3D renderizadas de los principales ambientes interiores del Estadio Municipal de Urcos mediante el software DIALux evo. Estas imágenes permiten visualizar de forma clara la ubicación de las luminarias, el comportamiento de la luz en cada espacio y la adecuación del sistema a los requisitos funcionales de cada ambiente.

Las vistas incluyen la simulación del diseño lumínico en los siguientes espacios:

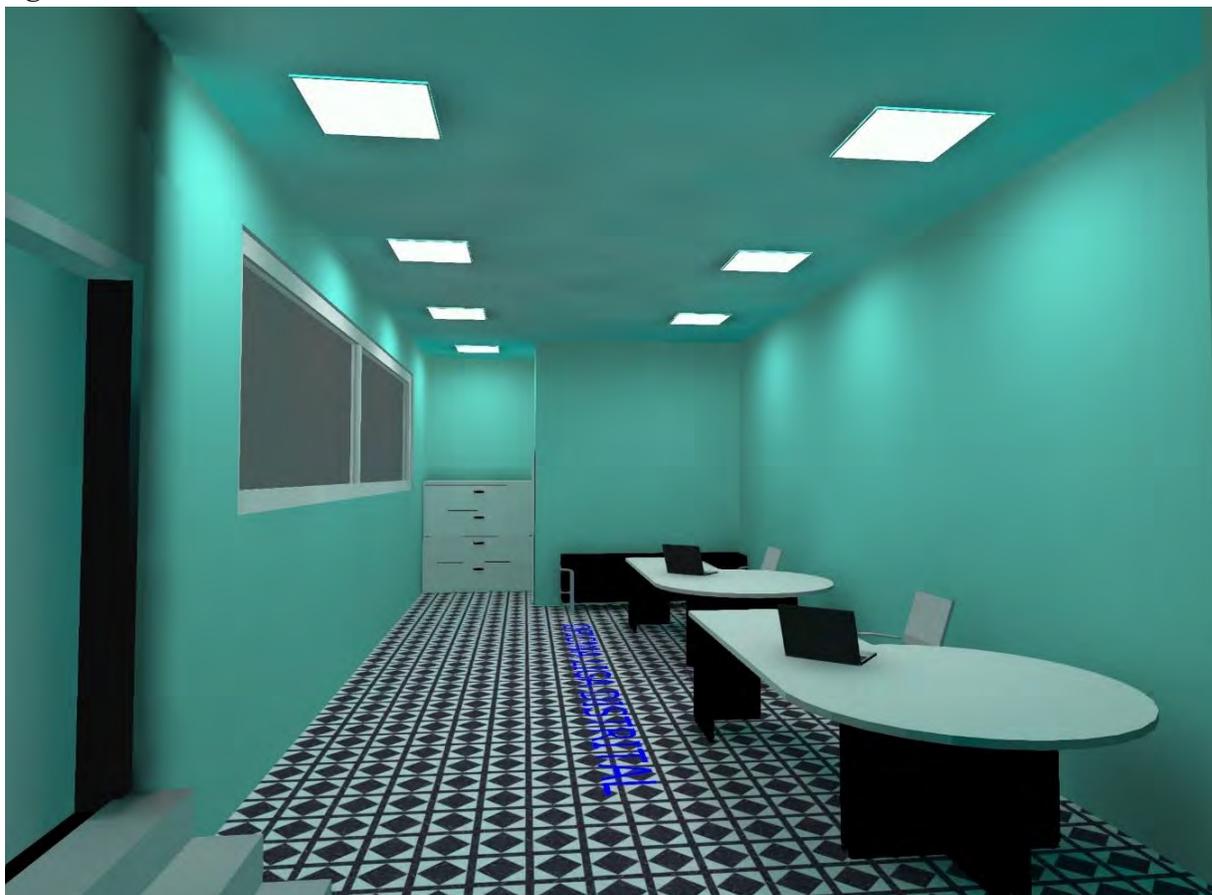
Figura 52: Vista 3D del Stand y Zona de Ingreso



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La zona de stand y el ingreso principal del estadio cuentan con luminarias distribuidas a lo largo del eje central del techo. Esta disposición permite un flujo uniforme de luz que mejora la percepción del espacio y la seguridad de los usuarios.

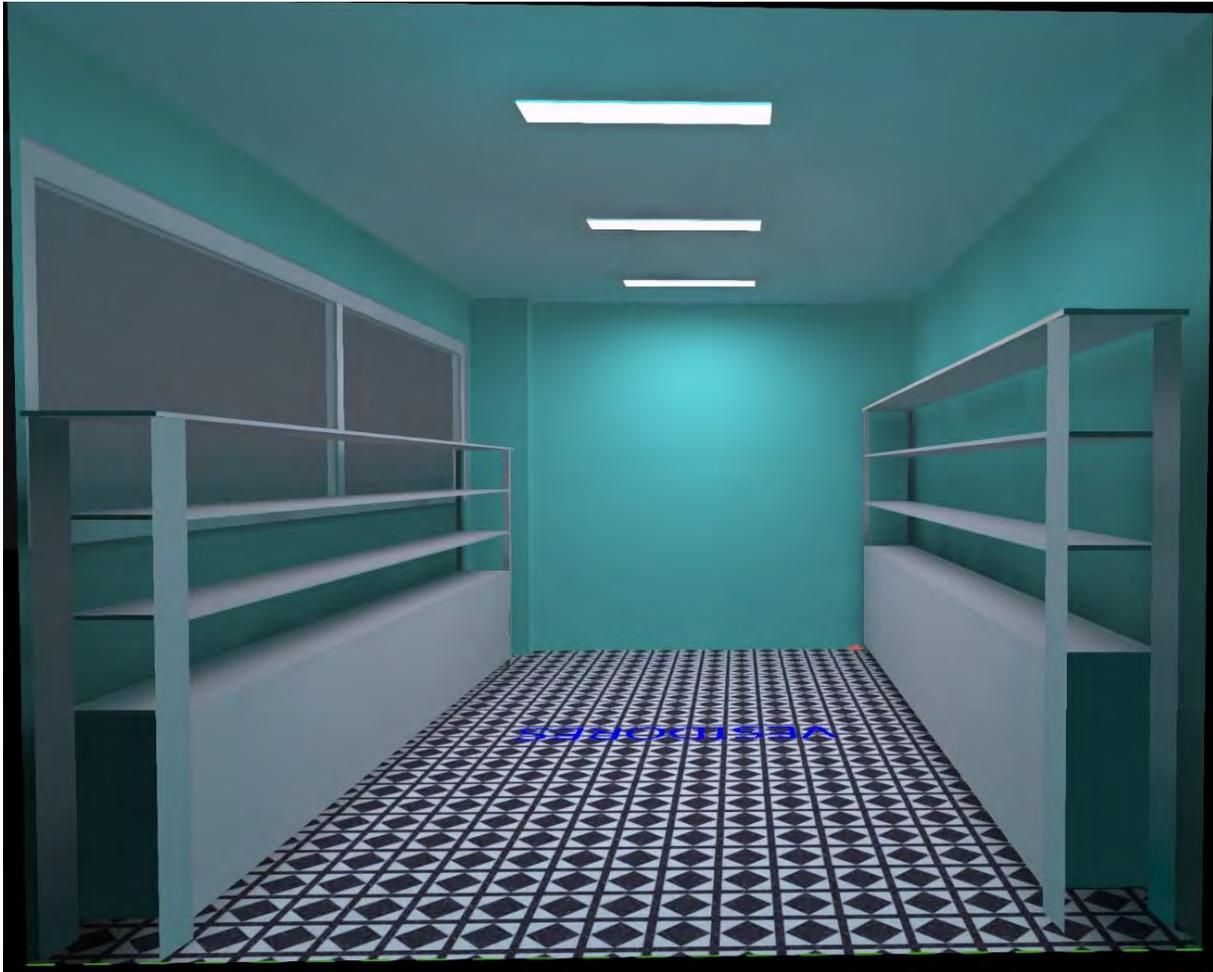
Figura 53: Vista 3D del ambiente administrativo



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

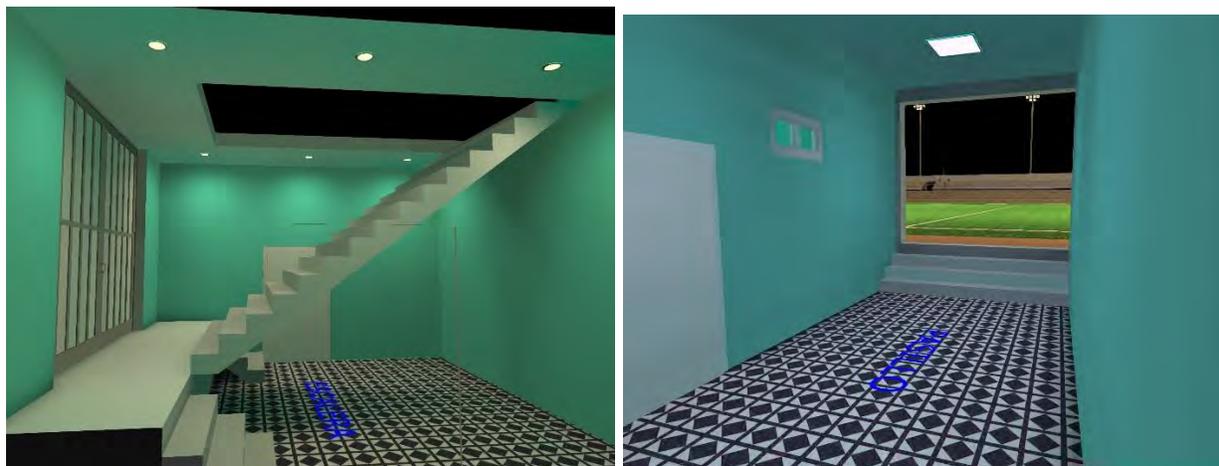
En esta imagen se observa la correcta distribución de luminarias LED en el cielo raso del espacio de oficinas. La simulación muestra un ambiente bien iluminado, con niveles adecuados para tareas de escritorio, lectura y supervisión. Las luminarias fueron seleccionados con una temperatura de color neutra de(4000°K) para asegurar confort visual.

Figura 54: Vista 3D del Vestuario o Camerino



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La imagen muestra la instalación de luminarias empotradas de bajo deslumbramiento, distribuidas uniformemente en el techo. La simulación evidencia una iluminación homogénea y funcional para actividades de cambio de ropa.

Figura 55: Vista 3D de Escaleras y Pasillo de Circulación

Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La figura 55 presenta la instalación de luminarias en techo, según las características del espacio. La simulación muestra una iluminación continua que evita sombras o zonas oscuras, garantizando seguridad durante el tránsito de los usuarios en accesos y áreas de circulación.

5.2.5.6 Iluminación de Emergencia en Interiores y Tribunas. La iluminación de emergencia en espacios interiores y tribunas del Estadio Municipal de Urcos ha sido diseñada para garantizar la evacuación segura y el desplazamiento en caso de interrupción del suministro eléctrico. El sistema se basa en luminarias autónomas LED de 12W para ambientes interiores y de 40W para escaleras y tribunas, de acuerdo con una estrategia de seguridad.

a) Análisis de Resultados.

Las simulaciones realizadas en DIALux muestran que los niveles de iluminancia obtenidos cumplen con la norma EN 1838, que exige un mínimo de 0.5 lux en áreas de evacuación.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 29, donde se comparan los valores simulados con los requisitos normativos, evidenciando que todos los ambientes evaluados cumplen con los mínimos exigidos:

Tabla 29: Niveles de Iluminancia en Iluminación de Emergencia

Ambiente	Iluminancia obtenida (lux)	Requisito mínimo (lux)	¿cumple?
Pasillo	3.27	≥ 1	Si
Oficina liga distrital	0.68	≥ 0.5	Si
Oficina árbitros	0.69	≥ 0.5	Si

Ambiente	Iluminancia obtenida (lux)	Requisito mínimo (lux)	¿cumple?
Vestidores o camerinos	0.94	≥ 0.5	Si
Área de duchas	0.94	≥ 0.5	Si
Subestación eléctrica	5.92	≥ 0.5	Si
Grupo electrógeno	8.93	≥ 0.5	Si
Centro de control	6.45	≥ 0.5	Si
Cocina- Comedor	0.85	≥ 0.5	Si
Servicio higiénico	0.75	≥ 0.5	Si
Escalera	5.19	≥ 1	Si
Tribunas	0.75	≥ 0.5	Si

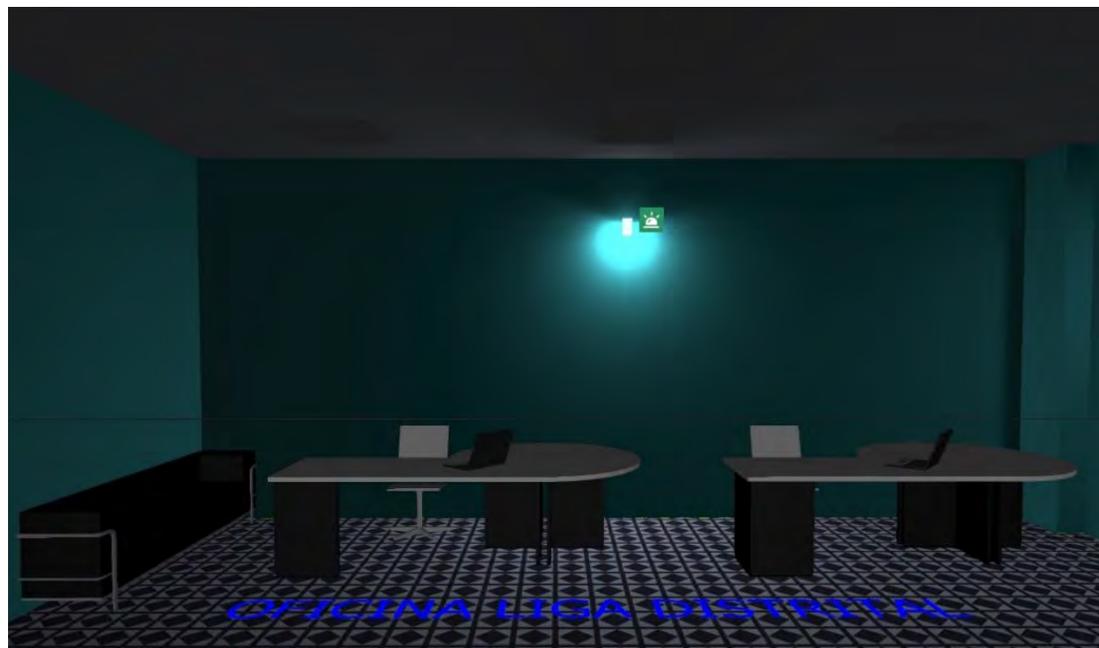
Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La distribución de luminarias fue diseñada para evitar puntos oscuros en rutas de evacuación. En las escaleras y tribunas, donde se requiere mayor visibilidad por el flujo de personas, se implementaron luminarias de 40W, asegurando niveles superiores al mínimo normativo.

b) Representación Grafica

A continuación, se presentan representaciones graficas en vista 3D de tres espacios clave simulados.

Figura 56: Vista 3D de Oficina Administrativa con Iluminación de Emergencia

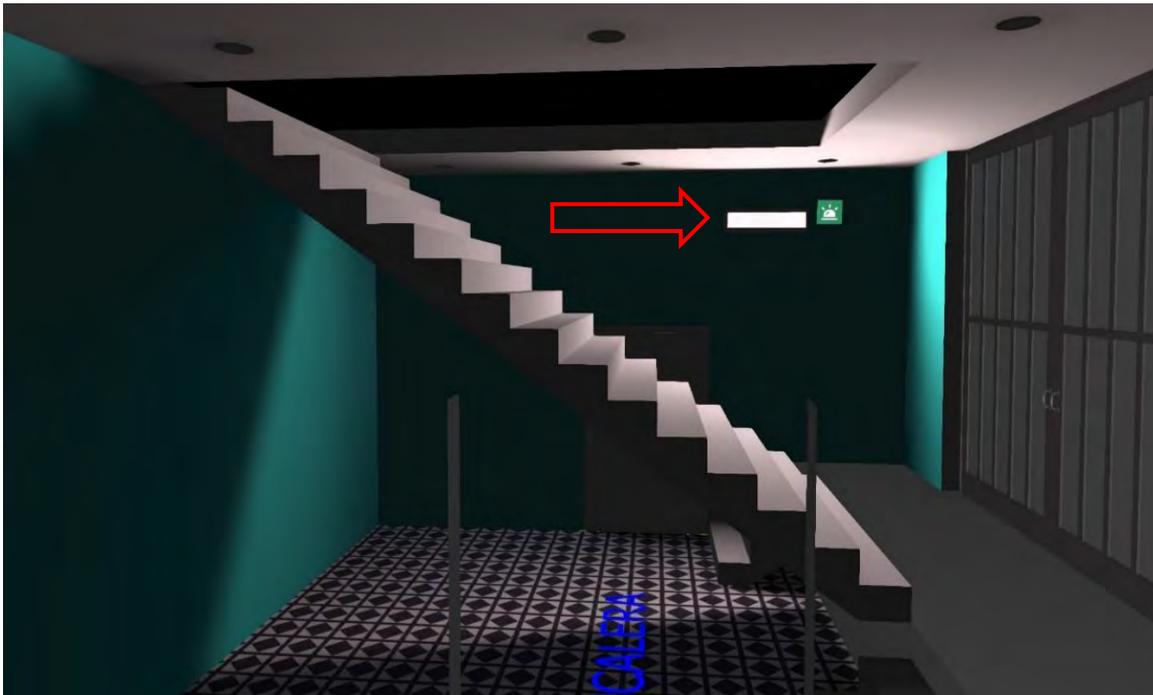




Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

Se observa la correcta cobertura de luz en puntos estratégicos como accesos y áreas de trabajo, sin sombras críticas.

Figura 57: Vista 3D de Escalera con Iluminación de Emergencia



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux evo.

La luminaria de 40 W ubicada sobre el muro proporciona iluminación uniforme en el tramo completo, cumpliendo con los niveles mínimos normativos.

Figura 58: Vista 3D de Tribuna con Iluminación de Emergencia



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux 4.13.

Las luminarias de emergencia según la figura 58 se instalan sobre postes metálicos galvanizados a una altura de tres metros, ubicados al final de las graderías. Esta disposición asegura una iluminación adecuada. Los detalles específicos de ubicación pueden verse en los planos IE-04 y IE-08 (ver Anexo 03).

c) Conclusión

el sistema de iluminación de emergencia propuesto cumple con los requisitos de seguridad establecidos por la normativa nacional, asegurando condiciones mínimas de visibilidad en situaciones de evacuación y contribuyendo a la eficiencia energética y autonomía operativa del estadio.

5.2.5.7 Iluminación de Seguridad en el Campo de Juego. La iluminación de seguridad tiene como finalidad garantizar la evacuación segura de jugadores, personal técnico y público en caso de un fallo del sistema eléctrico principal durante eventos nocturnos. Aunque no está regulado por normas peruanas, su implementación es recomendada por la FIFA, tal como se indica en la **sección 3.2.5.2 del capítulo III** de esta tesis.

a) Recomendaciones Técnicas (según FIFA):

- Nivel de iluminación de seguridad: entre el 10% y 15 % del nivel operativo.
- Debe permitir la evacuación ordenada y segura del campo.
- Sistema de encendido automático e independiente del sistema principal.
- Fuente de energía autónoma, generalmente un grupo electrógeno.

b) Parámetros del Diseño en el Estadio Municipal de Urcos.

Nivel operativo: 500 lux (clase II- FIFA)

Nivel de seguridad requerido (15%):

$$E_{med} = 0.15 * 500 = 75\text{lux}$$

c) Cálculo de Luminarias Necesarias para 75 lux

Para este cálculo se emplea la ecuación 15:

$$N_p = \frac{E_{med} * Area}{\phi_{has} * CBU * f_m}$$

Donde:

- N_p = cantidad de proyectores
- E_{med} = 75lux
- Área = 7546,04 m²
- ϕ_{has} = 130,830 lm
- CBU = 0.6
- f_m = 0.8

Sustituyendo:

$$N_p = \frac{75 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8} \approx 9$$

Se requieren aproximadamente 9 luminarias encendidas para garantizar los 75 lux de seguridad, pero para mantener la uniformidad al menos estarán encendidas 12 luminarias.

d) Implementación Técnica

Se plantea el encendido de dos luminarias por torre, lo que permite alcanzar los niveles requeridos de forma estratégica.

- Estas luminarias están conectadas a un sistema de automatización con protocolo DMX, que permite la activación inmediata ante un fallo eléctrico.
- La fuente de respaldo será un grupo electrógeno, diseñado para cubrir exclusivamente la demanda de estas luminarias.

e) Cálculo del Grupo Electrónico

- Potencia por luminaria Arena Visión: 1010W.
- Cantidad encendida en modo seguridad: 12 unidades.

$$P_{\text{total}} = 12 * 1010 = 12120W = 12.912kW$$

- Se aplica un factor de reserva del 25%:

$$P_{\text{grupo}} = 12.12 * 1.25 = 15.15kW$$

- Conversión a KVA:

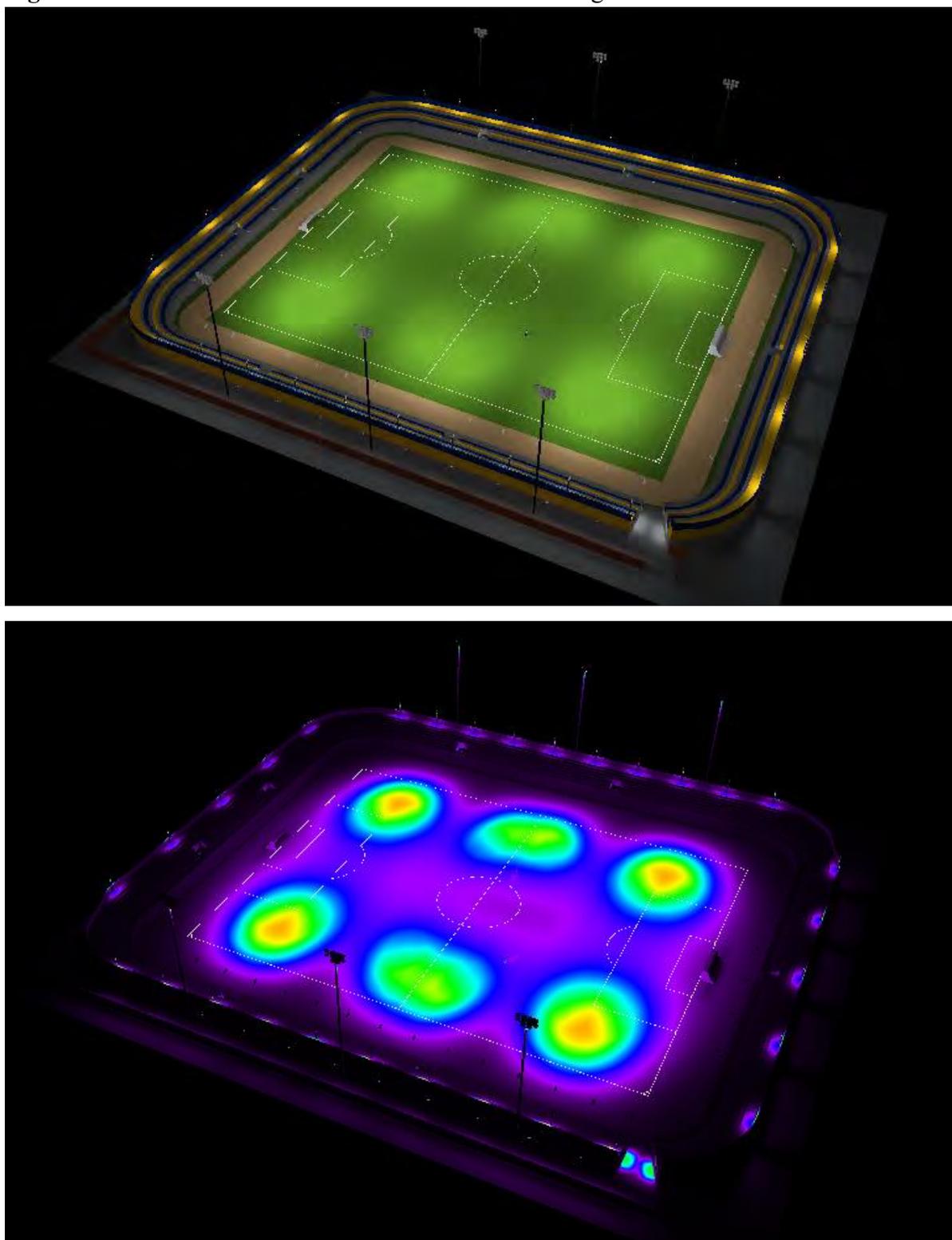
$$KVA = \frac{15.15}{0.85} = 17,82$$

Por lo que se requiere un grupo electrógeno de mínimo 18 KVA para cubrir la iluminación de seguridad del campo.

f) Representación Grafica

La figura 59 muestra la simulación de la iluminación de seguridad tras una falla eléctrica, con solo 9 luminarias activas distribuidas en las 6 torres. Esta imagen valida visualmente la capacidad del sistema para garantizar visibilidad básica y rutas seguras de evacuación durante un apagón.

Figura 59: Vista 3D-Simulación de la Iluminación de Seguridad



Fuente: Elaboración propia con base en simulaciones en DIALux 4.13.

g) Análisis Final

El sistema propuesto de iluminación de seguridad para el campo de juego cumple con las recomendaciones internacionales de la FIFA, asegurando una visibilidad mínima de 75 lux ante fallas eléctricas. El encendido automático de luminarias conectadas a un grupo electrógeno de 145 KVA garantiza una evacuación segura, reforzando la operatividad del estadio.

5.2.6 Etapa 6: Cálculo de la Demanda Máxima Requerida

El cálculo de la demanda máxima del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos permite dimensionar adecuadamente la alimentación eléctrica requerida para garantizar el funcionamiento eficiente de todas las luminarias diseñadas, incluyendo el campo de juego, las áreas interiores nuevas, las zonas complementarias y la iluminación de emergencia.

Es importante señalar que las instalaciones interiores existentes no serán consideradas en este cálculo, ya que actualmente cuentan con un sistema de alimentación eléctrica independiente y no forman parte del diseño propuesto en esta tesis- de este modo, el cálculo de demanda se centrara exclusivamente en las nuevas luminarias y sistemas integrados dentro del diseño de sistema de iluminación eficiente.

Los cálculos de la demanda máxima para el Estadio Municipal de Urcos se realizaron utilizando las ecuaciones (02), (03) y (04), teniendo en cuenta la potencia nominal de cada luminaria, la distribución de cargas y los factores de simultaneidad. Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas.

Tabla 30: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 01

Tablero de Distribucion TD- 01																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
Torre N° 1 C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-01	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel

Tabla 31: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-01

Sub Tablero General STG-01																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
TD-01	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.90	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-01 C-2	984.00	0.65	639.60	1	220	0.9	3.23	4.04	75	2.5	NH-90	3.82	1.73%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00														
STG-01	13084.00	0.97	12739.60	3	380	0.9	21.51	26.88	29	25	N2XOH	0.85	0.22%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel

Tabla 32: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 02

Tablero de Distribucion TD- 02																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
Torre N° 2 C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-02	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 33: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-02

Sub Tablero General STG-02																			
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)		
STG-02	TD-02	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.90	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	
	C-2	630.00	0.65	409.50	1	220	0.9	2.07	2.59	70	2.5	NH-90	2.28	1.04%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura	
	R	1000.00	1.00	1000.00															
	STG-02	12730.00	0.98	12509.50	3	380	0.9	21.12	26.40	60	25	N2XOH	1.73	0.45%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel

Tabla 34: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 03

Tablero de Distribucion TD- 03																		
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)	
Torre N° 3	C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
	TD-03	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 35: Demanda Maxima y Caida de Tension Circuitos Adicionales 1

Tablero de Distribucion TD- 101																		
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)	
TD-101	C-1	786.00	0.65	510.90	1	220	0.9	2.58	3.23	70	2.5	NH-90	2.84	1.29%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	C-2	910.00	0.65	591.50	1	220	0.9	2.99	3.73	75	2.5	NH-90	3.53	1.60%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	R	1000.00	1.00	1000.00														
	TD-101	2696.00	0.78	2102.40	1	220	0.9	10.62	13.27	76	10	N2XOH	3.18	1.44%	2.5%	ok	25	2x25 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 36: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-03

Sub Tablero General STG-03																		
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)	
TD-03	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	
TD-101	2696.00	0.78	2102.4	1	220	0.9	10.618	13.273	76	10	N2XOH	3.18	1.44%	2.5%	ok	25	2x25 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	
STG-03	C-3	630.00	0.65	409.50	1	220	0.9	2.07	2.59	70	2.5	NH-90	2.28	1.04%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	R	1000.00	1.00	1000.00														
STG-03	15426.00	0.95	14611.90	3	380	0.9	24.67	30.83	90	50	N2XOH	1.51	0.40%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 37: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 04

Tablero de Distribucion TD- 04																		
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)	
C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura	
C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura	
Torre N° 4	C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-04	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 38: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-04

Sub Tablero General STG-04																		
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)	
TD-04	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.90	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	
STG-04	C-2	1146.00	0.65	744.90	1	220	0.9	3.76	4.70	80	2.5	NH-90	4.74	2.15%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
	R	1000.00	1.00	1000.00														
STG-04	13246.00	0.97	12844.90	3	380	0.9	21.68	27.11	143	50	N2XOH	2.11	0.56%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura	

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 39: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 05

Tablero de Distribucion TD- 05																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
Torre N° 5 C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-05	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 40: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-05

Sub Tablero General STG-05																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
TD-05	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.90	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-05 C-2	916.00	0.65	595.40	1	220	0.9	3.01	3.76	79	2.5	NH-90	3.74	1.70%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00														
STG-05	13016.00	0.98	12695.40	3	380	0.9	21.43	26.79	178	50	N2XOH	2.60	0.68%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 41: Demanda Maxima y Caída de Tensión por Circuito y Alimentador de Torre N° 06

Tablero de Distribucion TD- 06																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	2020.00	1.00	2020.00	1	220	0.9	10.20	12.75	8	6	NH-90	0.54	0.24%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-2	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	9	6	NH-90	1.21	0.55%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
Torre N° 6 C-3	4040.00	1.00	4040.00	1	220	0.9	20.40	25.51	10	6	NH-90	1.34	0.61%	2.5%	ok	32	2x32 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00	1	220	0.9	5.05	6.31	13	4	NH-90	0.65	0.29%	2.5%	ok	20	2x20A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-06	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 42: Demanda Maxima y Caída de Tension Circuitos Adicionales 2

Tablero de Distribucion TD- 102																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	934.00	0.65	607.10	1	220	0.9	3.07	3.83	70	2.5	NH-90	3.38	1.54%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-102 R	500.00	1.00	500.00														
TD-102	1434.00	0.77	1107.10	1	220	0.9	5.59	6.99	76	10	N2XOH	1.67	0.76%	2.5%	ok	25	2x25 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 43: Demanda Maxima y Caída de Tensión del Sub-Tablero STG-06

Sub Tablero General STG-06																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
TD-06	11100.00	1.00	11100.00	3	380	0.9	18.74	23.42	35	25	N2XOH	0.89	0.24%	2.5%	ok	32.00	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
TD-102	1434.00	0.77	1107.10	1	220	0.9	5.5914	6.9893	76	10	N2XOH	1.67	0.76%	2.5%	ok	25	2x25 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-06 C-3	630.00	0.65	409.50	1	220	0.9	2.07	2.59	70	2.5	NH-90	2.28	1.04%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00														
STG-06	14164.00	0.96	13616.60	3	380	0.9	22.99	28.73	207	50	N2XOH	3.25	0.85%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 44: Demanda Maxima y Caída de Tension Circuitos Adicionales 3

TABLERO DE DISTRIBUCION TD-100																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
C-1	570.00	0.60	342.00	1	220	0.9	1.73	2.16	65	2.5	NH-90	1.77	0.80%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-2	360.00	0.60	216.00	1	220	0.9	1.09	1.36	70	2.5	NH-90	1.20	0.55%	2.5%	ok	16	2x16 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-3	3000.00	0.60	1800.00	1	220	0.9	9.09	11.36	230	35	NH-90	2.35	1.07%	2.5%	ok	25	2x25 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-3	3000.00	0.60	1800.00	1	220	0.9	9.09	11.36	305	35	NH-90	3.12	1.42%	2.5%	ok	25	2x25 A - Riel Din, 10KA Ruptura
TD-100 C-4	3680.00	0.60	2208.00	1	220	0.9	11.15	13.94	225	35	NH-90	2.82	1.28%	2.5%	ok	25	2x25 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-5	3680.00	0.60	2208.00	1	220	0.9	11.15	13.94	270	35	NH-90	3.39	1.54%	2.5%	ok	25	2x25 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-4	600.00	1.00	600.00	1	220	0.9	3.03	3.79	257	10	NH-90	3.07	1.39%	2.5%	ok	20	2x20 A - Riel Din, 10KA Ruptura
C-5	600.00	1.00	600.00	1	220	0.9	3.03	3.79	290	10	NH-90	3.46	1.57%	2.5%	ok	20	2x20 A - Riel Din, 10KA Ruptura
R	500.00	1.00	500.00														
TD-100	15990.00	0.64	10274.00	3	380	0.9	17.34	21.68	12	16	N2XOH	0.44	0.12%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

Tabla 45: Demanda Maxima Total

TABLERO GENERAL TG-01																	
Descripcion Cto	Potencia (W)	FD	MD(W)	Tipo. Suministro	Tension	cos(Ø)	In (A)	Id (A)	L(m)	Sección (mm ²)	Tipo conductor	ΔV	% ΔV Calculo	% ΔV Norma	% ΔV Verif	ITM (A)	ITM- Seleccionado (Amp.)
STG-01	13084.00	0.97	12739.60	3	380	0.90	21.51	26.88	29	25	N2XOH	0.85	0.22%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-02	12730.00	0.98	12509.50	3	380	0.90	21.12	26.40	60	25	N2XOH	1.73	0.45%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-03	15426.00	0.95	14611.90	3	380	0.90	24.67	30.83	90	50	N2XOH	1.51	0.40%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-04	13246.00	0.97	12844.90	3	380	0.90	21.68	27.11	143	50	N2XOH	2.11	0.56%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
TG-01 STG-05	13016.00	0.98	12695.40	3	380	0.90	21.43	26.79	178	50	N2XOH	2.60	0.68%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
STG-06	14164.00	0.96	13616.60	3	380	0.90	22.99	28.73	207	50	N2XOH	3.25	0.85%	2.5%	ok	40	3x40 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
TD-100	15990.00	0.64	10274.00	3	380	0.90	17.34	21.68	12	16	N2XOH	0.44	0.12%	2.5%	ok	32	3x32 A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura
R	1000.00	1.00	1000.00														
TG-01	98656.00	0.92	90291.90	3	380	0.9	152.43	190.54	15	50	N2XOH	1.56	0.41%	2.5%	ok	200	3x200A - Caja Moldeada, 16KA Ruptura

Fuente: Elaboración propia, con base en cálculos en Excel.

En las tablas del 30 al 45, se observa que la caída de tensión es menor a 4V, según exigencia del C.N.E.

La demanda requerida en iluminación del campo deportivo de la Municipalidad de Urcos será de 90,291.90 Watt tal como se muestra **tabla 45**. A partir de estos resultados, se elabora el plano IE-05 (Diagrama unifilar – Tableros), el cual representa gráficamente las cargas estimadas, los circuitos de distribución y los dispositivos de protección.

Asimismo, se considera el plano IE-02, el cual muestra la conexión desde el tablero general hacia las torres de iluminación proporcionando una referencia preliminar para el diseño del sistema.

5.2.7 Etapa 7: Diseño del Sistema de Automatización y Control

El diseño de un sistema de automatización y control eficiente para el sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos es esencial para asegurar que la iluminación se ajuste de manera dinámica y eficiente a las necesidades de cada tipo de evento. A través de la implementación de tecnología IoT y el uso del protocolo DMX (compatibles con las luminarias Arena Visión LED de Philips, que ya vienen con el driver DMX integrado), el sistema permitirá la regulación precisa de la iluminación, asegurando el cumplimiento de las normas y mejorando la eficiencia energética.

5.2.7.1 Arquitectura General del Sistema. El sistema de control se basa en el protocolo DMX, el cual permite una gestión eficiente de las 60 luminarias Arena Visión LED de 1010W (10 por torre). Las luminarias Arena Visión LED vienen con el driver DMX integrado, lo que facilita su conexión y control directo sin necesidad de equipos adicionales para el control de cada luminaria individual. Estas luminarias pueden ser controladas individualmente, lo que permite ajustar la intensidad de cada una según las necesidades del evento.

Componentes principales:

- **Luminarias:** Arena Visión LED de 1010 Watts con driver DMX integrado.
- **Cantidad de luminarias:** 60 luminarias en total (10 luminarias por torre).
- **Protocolo de control:** DMX.
- **Cableado de control:** Cada torre de iluminación recibirá una línea de control DMX transmitida a través de cable DMX 2x24 AWG STP, con conexión desde el centro de control. Esto implica que desde el centro de control solo se necesita un cable por torre, no por luminaria individual.
- **Control individual por luminaria:** Permite apagar o reducir la intensidad de cada luminaria de forma independiente sin cortar el suministro eléctrico completo.
- **Plataforma IoT:** Para la gestión remota y la programación de escenas y horarios, asegurando el monitoreo y la optimización energética.

5.2.7.2 Escenarios de Automatización Definidos. Los siguientes escenarios representan las condiciones típicas de uso del estadio, y han sido definidos en función de estándares internacionales y nacionales (como FIFA, UNE-EN y EM.010) y criterios operacionales de diseño:

Tabla 46: Escenarios de Iluminación

Escenario	Nivel de Iluminación (Lux)	Finalidad Principal
Partido oficial (Liga)	500 lux (según FIFA)	Competencias profesionales oficiales.
Entrenamiento	200 lux (según FIFA)	Practica sin espectadores.
Deportes complementarios	300 lux (según EN 12193)	Atletismo, recreación.
Eventos culturales/sociales	300 lux (según EM.010)	Conciertos, actos institucionales.
Ingreso del público previo a un partido (evento) oficial	50 a 100 lux (Según recomendaciones de seguridad)	Seguridad en entradas/salidas.

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de luminarias y ahorro energético se emplea la ecuación 17 para cada escenario el cual está definido en el fundamento teórico de esta investigación. La ecuación utilizada para calcular el ahorro energético es:

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{\text{Consumo Inicial} - \text{Consumo Actual}}{\text{Consumo Inicial}} \right) * 100.. \text{Ecuacion (17)}$$

a) Escenario 1: Partido oficial (Liga- 500 lux).

Este escenario representa la máxima exigencia del sistema de iluminación. Se requiere una iluminación de 500 lux en toda la superficie del campo, cumpliendo los requisitos de la FIFA para estadios de clase II.

– Calculo técnico:

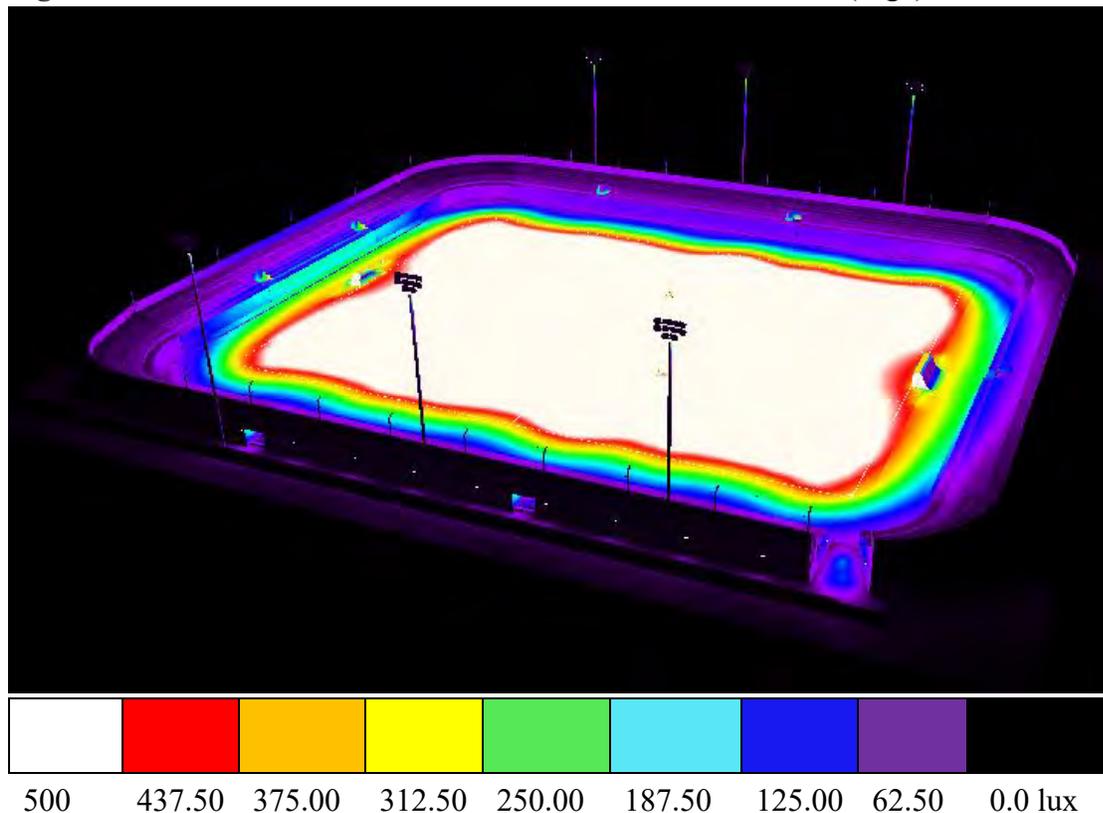
$$N_p = \frac{500 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8} = 60 \text{ luminarias}$$

$$\text{consumo total} = 60 \text{ luminarias} * 1010W = 60,600W$$

Ahorro energético: Base de comparación. Ahorro: 0%

– **Representación gráfica.**

Figura 60: Simulación de Iluminación Escena 1- Partido Oficial (Liga)



Fuente: Elaboración propia, con base en simulaciones en DIALux 4.13.

– **Análisis técnico.**

La figura 60 muestra el encendido total del sistema de iluminación, con las 60 luminarias activas. Se observa una cobertura luminosa uniforme en todo el campo de juego, cumpliendo con el requerimiento de 500 lux establecidos por la Norma FIFA para partidos de ligas en estadios de clase II.

En esta figura, el color blanco representa las zonas del campo de juego que alcanzan los 500 lux, mientras que el color morado corresponde a las tribunas, donde se ha registrado un nivel de iluminación aproximado de 62.50 lux. Este valor se encuentra por encima de los niveles mínimos recomendados por la Norma UNE-EN 12193 para áreas del espectador, que van entre 10 y 20 lux, garantizando así condiciones adecuadas de visibilidad y seguridad para el público.

Asimismo, se observa que la iluminación en las zonas cercanas a las porterías presenta valores ligeramente inferiores. Esta configuración ha sido diseñada para minimizar el deslumbramiento hacia los arqueros, mejorando la visibilidad y el confort visual en estas áreas clave del juego.

b) Escenario 2: Entrenamiento (200 lux).

Diseñado para sesiones de entrenamiento y actividades técnicas, donde no se requiere iluminación máxima. La Norma FFIA sugiere un mínimo de 200 lux. Se prioriza la eficiencia energética manteniendo condiciones visuales adecuadas.

– **Cálculo técnico:**

$$N_p = \frac{200 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8} = 24 \text{ luminarias}$$

Esto significa que, teóricamente, con 24 luminarias encendidas al 100%, se puede alcanzar el nivel de 200 lux en todo el campo.

$$\text{consumo total con 25 luminarias al 100\%} = 24 * 1010W = 24,240W$$

No obstante, para garantizar una distribución más uniforme de la luz en todo el campo y evitar zonas de sombra, se optará por encender las 60 luminarias Arena Visión LED al 40% de su capacidad nominal.

Gracias al sistema de automatización con protocolo DMX, es posible controlar la intensidad de cada luminaria de forma individual, manteniendo una iluminación equilibrada sin desperdiciar energía.

$$\text{consumo total con 60luminarias al 40\%} = 60 * 0.4 * 1010W = 24,240W$$

Como se observa, el consumo es prácticamente equivalente al de 24 luminarias al 100%, pero se logra una mejor uniformidad luminosa, lo cual es esencial para el rendimiento visual durante el entrenamiento.

– **Cálculo del ahorro energético:**

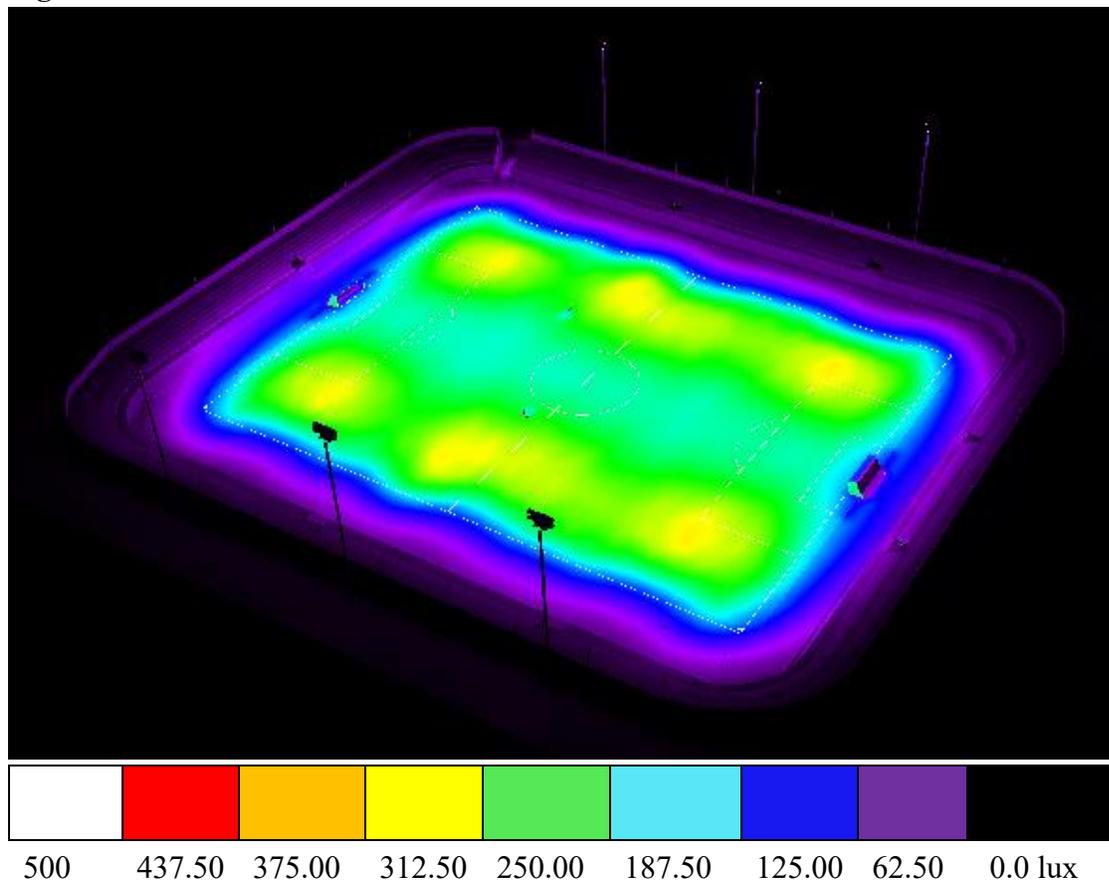
$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{60,600 - 24,240}{60,600} \right) * 100 = 60\%$$

– **Representación gráfica del escenario.**

De acuerdo a la figura 61 el color verde representa zonas del campo con aproximadamente 250 lux, ligeramente por encima del mínimo requerido, lo que garantiza una visibilidad adecuada. El celeste claro corresponde a áreas con 187.50 lux, aun dentro del margen aceptable según la

normativa. La transición suave entre colores indica una uniformidad lumínica adecuada en toda la superficie.

Figura 61: Escenario de Entrenamiento con 60 luminarias al 40%



Fuente: Elaboración propia, con base en simulaciones en DIALux 4.13.

– **Análisis técnico del escenario.**

Gracias al sistema de automatización con protocolo DMX, es posible ajustar la potencia de cada luminaria de forma precisa y dinámica. La elección de utilizar las 60 luminarias al 40% permite:

- Mantener una iluminación homogénea en todo el campo.
- Reducir el consumo energético en casi un 60% respecto al escenario base.
- Prolongar la vida útil de las luminarias al evitar su funcionamiento al 100%.
- Cumplir con los estándares técnicos internacionales sin comprometer la visibilidad ni la seguridad del entrenamiento.

c) Escenario 3: Deportes complementarios (300 lux).

Este escenario contempla la iluminación necesaria para actividades deportivas distintas al fútbol profesional, tales como futsal, campeonatos escolares y atletismo, que pueden desarrollarse en el campo o en la pista atlética que rodea el terreno principal.

Para estas disciplinas, se establece una iluminancia promedio de 300 lux, cumpliendo con los requerimientos técnicos de la Norma EN 12193.

– Cálculo técnico:

Numero de luminarias necesarias (protocolo DMX):

$$N_p = \frac{300 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8} = 36 \text{ luminarias}$$

$$\text{consumo total luminarias al 100\%} = 36 * 1010W = 36,360W$$

Para cubrir adecuadamente la pista atlética, se instalarán luminarias auxiliares Led de 160 W, montadas sobre postes metálicos galvanizados de 5 metros de altura.

Estas luminarias no formaran parte del sistema DMX del campo de juego, pero si deben encenderse simultáneamente en este escenario mediante una programación manual o automática independiente.

Se tiene 46 luminarias auxiliares, con un consumo total adicional de:

$$P_{\text{aux}} = 46 * 160 \text{ w} = 7360 \text{ W} = 7.36 \text{ kW}$$

Consumo total combinado:

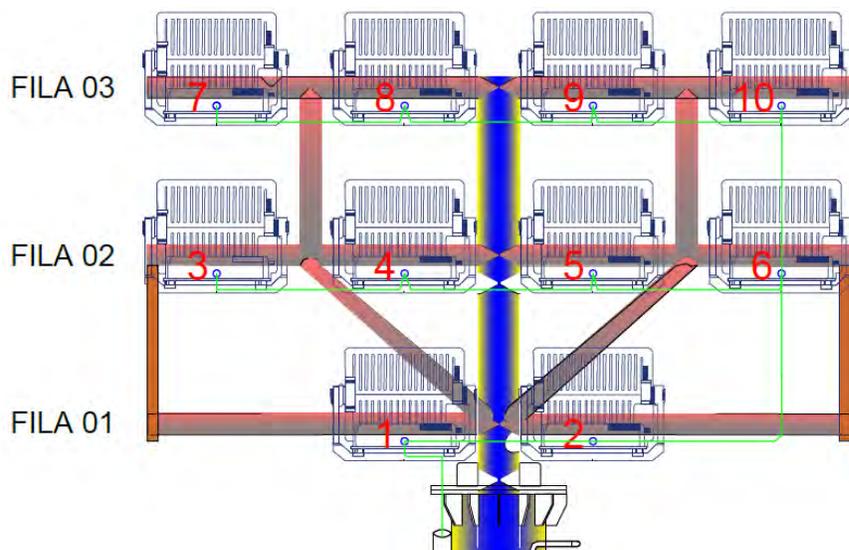
- Sistema DMX: 36.36 kW
- Luminarias auxiliares: 7.36 kW
- Total, general: 43.72 kW.

Con la finalidad de asegurar una distribución uniforme de la luz y una operación eficiente, en este escenario se establece que:

- Solo se activan las luminarias de la fila 1 y fila 2 de cada torre.
- Las luminarias de la fila 3 permanecerán apagadas.
- Esta configuración permite una cobertura uniforme de la superficie del campo, cumpliendo con el nivel requerido de 300 lux sin necesidad de activar el total del sistema.

Esta disposición puede visualizarse en la figura 62, donde se observa claramente la organización de las luminarias en las tres filas por torre, y como se gestiona su activación según el tipo de evento.

Figura 62: Circuito de Control y Monitoreo



Fuente: Elaboración Propia

– **Cálculo del ahorro energético (solo sistema DMX):**

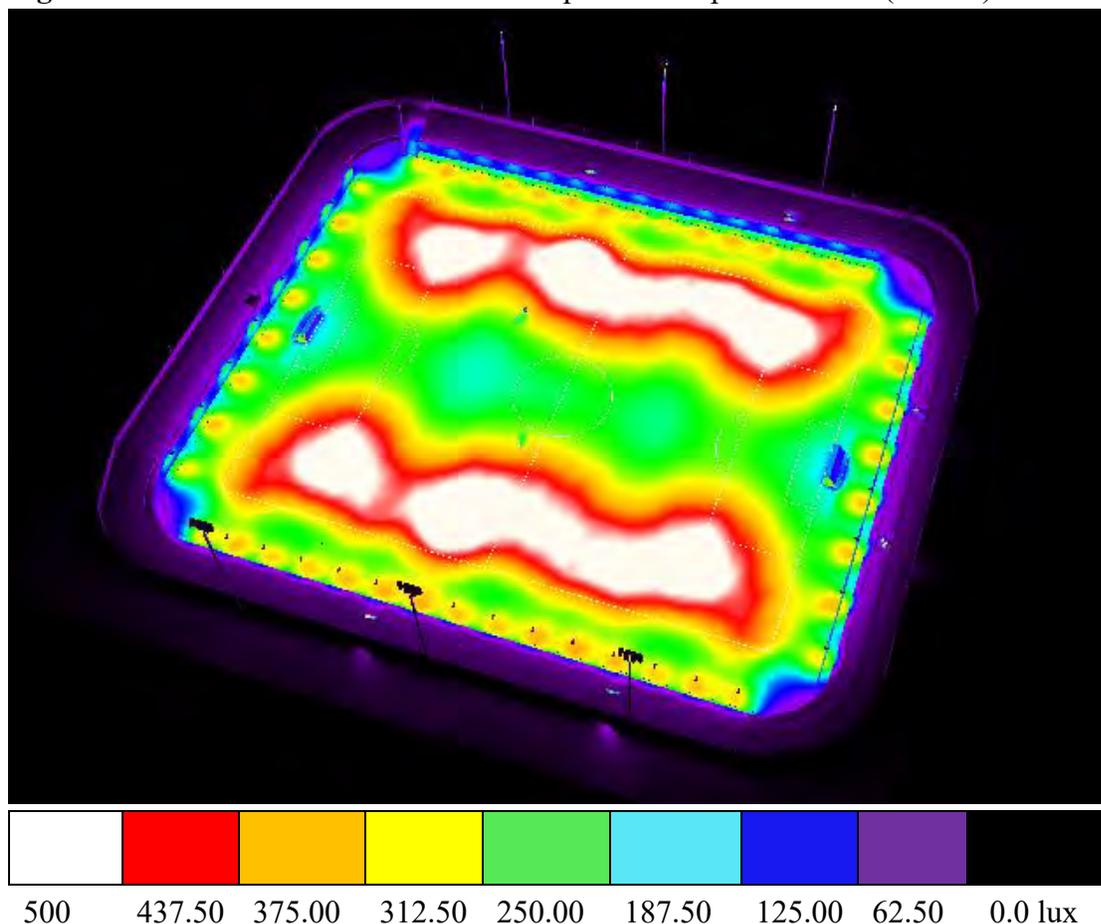
$$Ahorro (\%) = \left(\frac{60,600 - 36,360}{60,600} \right) * 100 = 40\%$$

El cálculo de ahorro considera solo las luminarias del sistema DMX del campo de juego, ya que las auxiliares corresponden a un sistema complementario independiente.

– **Representación gráfica.**

El color amarillo (312.50 lux) según la figura 63 representa las zonas mejor iluminadas. El color verde (250lux) identifica áreas intermedias, manteniendo la iluminación dentro del rango exigido para deportes complementarios.

Figura 63: Simulación de iluminación- Deportes Complementarios (300lux)



Fuente: Elaboración propia, con base en simulaciones en DIALux 4.13.

– **Análisis técnico.**

La estrategia de encender únicamente las luminarias de las filas 1 y 2 en cada torre permite cumplir con los requisitos técnicos de iluminación para actividades deportivas complementarias, logrando una reducción del consumo energético de 40%. Gracias al control mediante protocolo DMX, esta configuración puede programarse fácilmente desde el sistema central sin intervención manual.

La simulación demuestra una excelente uniformidad lumínica, con transiciones suaves entre zonas de distinta iluminancia, lo que garantiza una buena visibilidad y confort durante la práctica de diversas disciplinas deportivas.

d) Escenario 4: Eventos culturales/sociales (300 lux).

Este escenario está diseñado para actividades no deportivas como conciertos, ferias, exhibiciones, actos protocolares, actividades culturales o sociales. Se establece una iluminancia promedio de

300 lux, lo cual garantiza una adecuada visibilidad general, seguridad para el desplazamiento del público y creación de ambientes visuales agradables sin recurrir a la potencia máxima del sistema. Gracias a la tecnología DMX integrada en las luminarias Arena Visión LED, es posible reducir la intensidad de cada unidad sin apagarla completamente, lo que permite optimizar el rendimiento lumínico según las necesidades del evento.

– **Cálculo técnico:**

$$N_p = \frac{300 * 7546.04}{130830 * 0.6 * 0.8} = 36 \text{ luminarias}$$

$$\text{consumo total con 25 luminarias al 100\%} = 36 * 1010W = 36,360W$$

Para alcanzar los 300 lux requeridos, se requieren 36 luminarias operando al 100%. No obstante, para mejorar la distribución y lograr un ambiente más uniforme, se optará por una configuración diferente basada en la atenuación.

Se utilizarán las 60 luminarias Arena Visión LED al 60 % de su potencia, de forma distribuida en todo el campo. Esta estrategia, implementada gracias al protocolo DMX, permite mantener la homogeneidad en la iluminación y evitar concentraciones de luz excesivas en puntos particulares del campo.

$$\text{consumo total con 60luminarias al 60\%} = 60 * 0.6 * 1010W = 36,360W$$

Como es lo mismo al de encender 36 luminarias al 100%, pero con mejor uniformidad y mayor flexibilidad de ambientación.

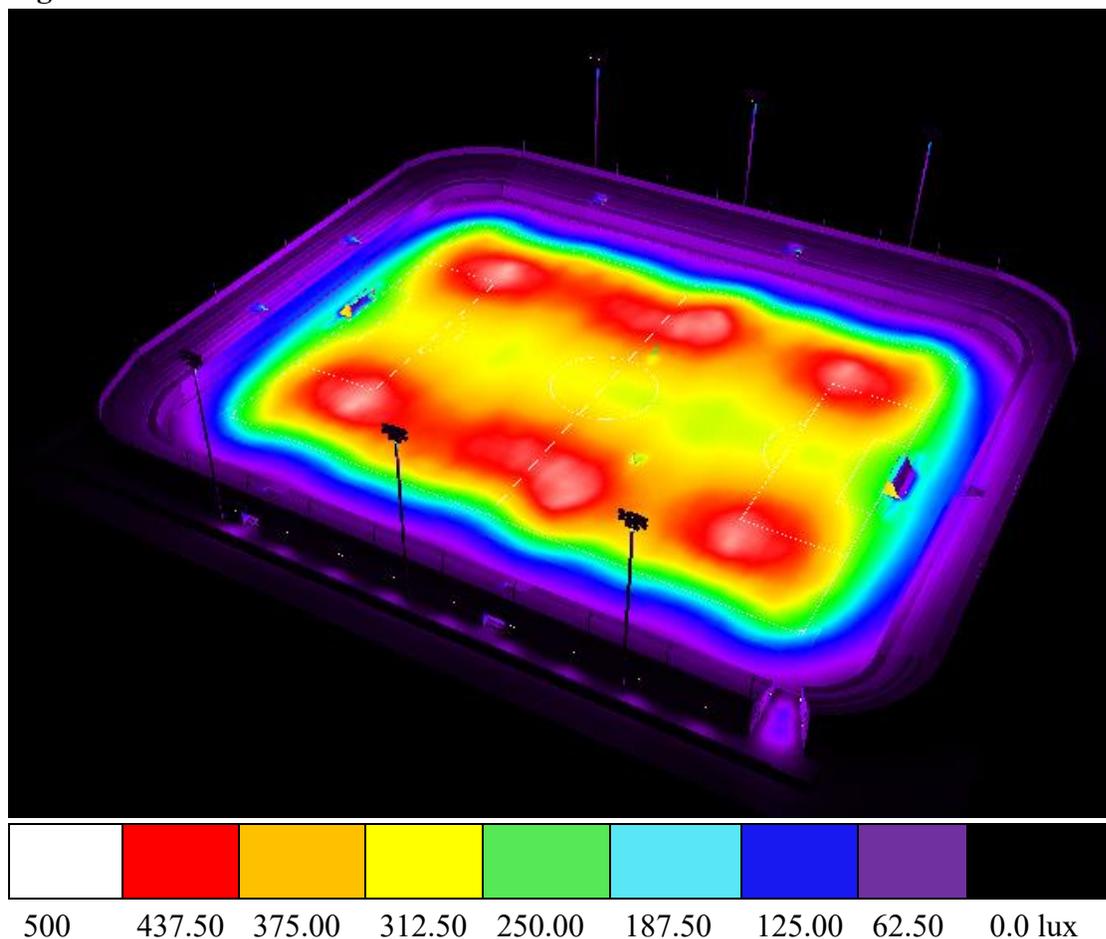
– **Cálculo del ahorro energético:**

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{60,600 - 36,360}{60,600} \right) * 100 = 40\%$$

– **Representación gráfica.**

En la figura 64, el color rojo representa zonas del campo que alcanzan hasta 437.50 lux, mientras que el color naranja indica sectores con 375 lux. El color amarillo muestra áreas con 312.50 lux, todos estos valores se encuentran por encima del promedio de 300 lux establecido para este tipo de evento.

Figura 64: Escenario de Eventos culturales/sociales - Iluminación con 60 luminarias al 60%



Fuente: Elaboración propia, con base en simulaciones en DIALux 4.13.

Esta distribución de niveles permite garantizar una alta visibilidad general, ideal para actividades culturales y sociales con gran afluencia de público. La presencia de zonas con mayor iluminancia es adecuada para tareas como montaje técnico, desplazamiento de personas y ambientación visual. Además, transición progresiva entre colores cálidos aporta uniformidad y evita contrastes abruptos o deslumbramiento.

– **Análisis técnico del escenario.**

La elección de operar las 60 luminarias al 60% en lugar de encender solo 36 al 100% se basa en criterios de calidad visual y ambientación. Esta configuración:

- Mejora la uniformidad lumínica, clave en eventos donde el campo se utiliza como área de montaje.
- Permite regular ambientes mediante programación desde el sistema IoT.

- Logra un ahorro energético del 40%, reduciendo el impacto ambiental del evento.

e) Escenario 5: Ingreso del Público (75 lux promedio).

Este escenario está diseñado para proporcionar iluminación funcional y segura durante el ingreso y salida del público al Estadio Municipal de Urcos. Se establece un nivel promedio de 75 Lux sobre el 50% del campo de juego, priorizando las zonas perimétricas y de tránsito peatonal. No se requiere la iluminación completa del terreno deportivo, sino una cobertura parcial que asegure orientaciones y movilidad en condiciones adecuadas.

Durante este escenario se activan dos tipos de luminarias como en caso del escenario de deportes complementarios:

- Luminarias Arena Visión LED (controladas mediante el protocolo DMX).
- Luminarias auxiliares ubicadas en las tribunas, gestionadas manualmente desde el tablero de control.

Estas luminarias auxiliares se activan exclusivamente durante el ingreso y salida del público y se apagan durante el desarrollo del evento, reactivándose únicamente al finalizar el evento para facilitar la evacuación.

– **Calculo técnico:**

Área iluminada (50% del campo):

$$A = 0.5 * 7546.07 \text{ m}^2 = 3,773.02 \text{ m}^2$$

Numero de luminarias necesarias:

$$N_p = \frac{75 * 3773.02}{130830 * 0.6 * 0.8} = 5 \text{ luminarias}$$

Consumo total del sistema DMX

$$\text{consumo total con 5 luminarias al 100\%} = 5 * 1010\text{W} = 5,050\text{W}$$

Aunque el cálculo determina que con 5 luminarias encendidas al 100% se alcanza el nivel requerido de 75 lux, esta cantidad no garantiza una distribución luminosa uniforme.

Por este motivo, se propone encender 2 luminarias por torre al 50% de su capacidad, logrando el mismo flujo luminoso, pero mejor distribuida especialmente. Esta decisión técnica mejora la

cobertura de las zonas de acceso y evita parches oscuros, asegurando confort y orientación para el público.

consumo total con 12 luminarias al 50% = $12 * 0.5 * 1010W = 6,060W$

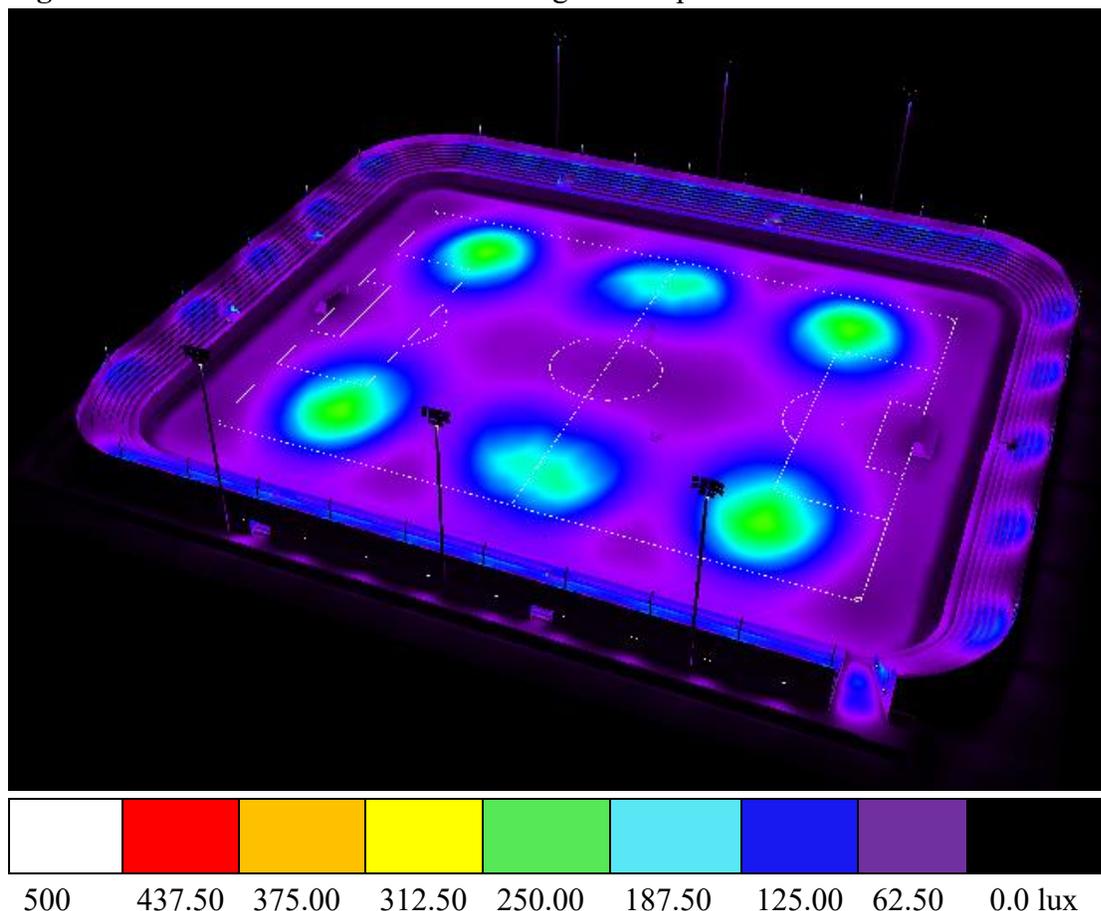
Esta estrategia también facilita una gestión equilibrada y automatizada a través del sistema DMX, manteniendo eficiencia energética sin comprometer visibilidad ni seguridad.

– **Cálculo del ahorro energético:**

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{60,600 - 6,060}{60,600} \right) * 100 = 90\%$$

– **Representación gráfica.**

Figura 65: Simulación de iluminación- Ingreso del publico



Fuente: Elaboración propia, con base en simulaciones en DIALux 4.13.

En la figura 65 el color azul (125lux) corresponde a las zonas más cercanas a las torres de iluminación, donde se concentran mayor intensidad lumínica durante este escenario. En cambio, el color morado (62.5 lux) representa el resto del campo, manteniendo niveles mínimos de iluminación que permiten una circulación segura del público.

La distribución cromática refleja una transición gradual entre zonas, sin cortes abruptos, lo que evidencia una cobertura uniforme y adecuado para los requerimientos de ingreso y salida del público en eventos oficiales.

– **Complemento: iluminación en escaleras y baños.**

En zonas interiores como escaleras, pasillos de evacuación y servicios higiénicos, se recomienda el uso de luminarias LED con sensores de movimiento. Esta solución permite reducir el consumo energético en momentos sin tránsito.

– **Análisis técnico.**

El escenario 5 demuestra que es posible lograr una iluminación funcional, segura y eficiente durante el ingreso y salida del espectador. Gracias al control mediante DMX e IoT, se automatiza la activación parcial del sistema lumínico, logrando un ahorro energético del 90% frente al escenario de máxima exigencia. Además, la incorporación de sensores de movimiento en áreas secundarios refuerza la estrategia de sostenibilidad y confort.

5.2.7.3 Sistema de Control Digital. El protocolo DMX permitirá una gestión eficiente de las luminarias. Cada luminaria está controlada individualmente y puede ser ajustada en términos de intensidad de luz. Además, el protocolo DMX permite la creación de un sistema en cadena, en el que las luminarias están conectadas por cable UTP, y los comandos de control viajan desde el centro de control hasta las luminarias. Alguna de sus detalles clave son:

- **Control individual de luminarias:** permite apagar algunas luminarias sin interrumpir el funcionamiento de todas, y ajustar la intensidad en función del escenario específico.
- **Control de zonas:** el sistema DMX permite la creación de grupos de luminarias (por ejemplo, por torre o por área), y permite ajustar la luz en diferentes áreas.
- **Monitoreo remoto:** mediante la plataforma IoT, los administradores del estadio pueden monitorear el estadio de las luminarias en tiempo real, recibir alertas y ajustar la iluminación desde cualquier lugar.

5.2.7.4 Integración con Plataforma IoT. La plataforma IoT es esencial para la gestión remota y automatización del sistema de iluminación. Mediante esta plataforma, el sistema de control no solo puede ajustarse automáticamente según la programación preestablecida, sino que también permite:

- **Monitoreo en tiempo real** de la eficiencia energética, el estado de las luminarias y las necesidades de mantenimiento.
- **Alertas automáticas** en caso de fallas o de la necesidad de intervención.
- **Programación de escenas:** los administradores pueden programar diferentes escenas de iluminación para adaptarse a los horarios y las condiciones de los eventos.
- **Optimización energética:** ajuste automático de la intensidad de las luminarias en función del tipo de evento, el horario y las condiciones climáticas, lo que contribuye a un uso eficiente de la energía.

5.2.7.5 Resumen General y Análisis Comparativo de Escenarios. El sistema de automatización diseñado con luminarias Arena Visión LED de 1010 W controladas mediante protocolo DMX y gestionada a través de una plataforma IoT permite una adaptación dinámica del consumo energético según el tipo de evento, manteniendo niveles adecuados de iluminación, visibilidad y seguridad en el Estadio Municipal de Urcos.

Tabla 47: Resumen General y Analisis Comparativo de Escenarios de Automatizacion

Escenario	Iluminación requerida (lux)	N° de luminarias activas	Consumo estimado (kW)	Ahorro energético (%)
Partido oficial (base)	500 (100% campo)	60	60.60	0% (base)
Entrenamiento	200 (100% campo con uniformidad)	60 (atenuación al 40%)	24.24	60%
Deportes complementarios	300 (zonas de juego específicas)	36 (activas al 100%)	36.36	40%
Eventos culturales/sociales	300 (áreas generales del campo)	60 (atenuación al 60%)	36.36	40%

Escenario	Iluminación requerida (lux)	Nº de luminarias activas	Consumo estimado (kW)	Ahorro energético (%)
Ingreso del publico	75 lux (50% campo) más tribunas (manual)	12 (atenuación al 50%)	6.06	90%

Fuente: Elaboración Propia

Luego del análisis comparativo de los escenarios de automatización, se han desarrollado los planos correspondientes que representan gráficamente el sistema de control propuesto. El plano IE-06 (ver anexo 03) muestra el circuito de control de iluminación principal del campo de juego utilizando el protocolo DMX, mientras que el plano IE-07 presenta el diagrama de control.

5.2.8 Etapa 8: Evaluación de Eficiencia Energética

La evaluación de eficiencia energética representa una fase clave del proceso de diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos. Su propósito es determinar el comportamiento energético de la solución propuesta, estimando el consumo mensual por escenario de uso y cuantificando el ahorro alcanzable respecto a tecnologías tradicionales como los halogenuros metálicos. Esta comparación permite validar la viabilidad energética y económica del sistema LED automatizado, alineado a los principios de sostenibilidad.

5.2.8.1 Metodología de Evaluación. El análisis se realiza mediante la estimación del consumo energético mensual de las luminarias seleccionadas (Philips Arena Visión LED) y su comparación con un sistema tradicional basado en luminarias de halogenuros metálicos. Para ello, se parte de los siguientes criterios:

- Cantidad de luminarias LED instaladas: 60 unidades Arena Visión LED de 1010 W.
- Potencia equivalente del sistema tradicional: 2000 W por lampara más 5% adicional por balasto, totalizando 2.1 kW por unidad.
- **Flujo luminoso de referencia:**
 - Arena Visión LED: 130,830 lm por unidad.
 - halogenuros metálicos (2000 W): un aproximado de 110, 000 lm por unidad (con mayores perdidas y menor uniformidad)

- **Justificación técnica:** Se selecciona una lampara tradicional de mayor potencia (2.1kW) porque, al analizar el flujo luminoso útil, esta es la potencia mínima necesaria para ofrecer un rendimiento comparable al de Arena Visión LED. La comparación no se basa únicamente en la potencia, sino en la capacidad de entregar el mismo nivel de iluminación útil.

Asimismo, se considera una proyección de uso mensual realista por tipo de evento:

Tabla 48: Estimacion Mensual de uso por Escenario

Escenario	Horas/evento	Eventos/mes	Total, horas/mes
Partido oficial (500 lux)	2 h	4	8 h
Entrenamiento (200 lux)	1.5 h	8	12 h
Deportes complementarios (300 lux)	2 h	6	12 h
Evento cultural/social (300 lux)	3 h	2	6 h
Ingreso de público (75 lux)	1 h	4	4 h
Total estimado mensual	-	-	42 h

Fuente: Elaboración propia.

5.2.8.2 Cálculo del Consumo Energético Mensual. En este apartado se determina el consumo energético mensual del sistema de iluminación propuesto y se compara con un sistema tradicional de halogenuros metálicos. Para ello se utilizarán datos técnicos de las luminarias, las horas de uso proyectadas por escenario y se aplicarán formulas básicas de consumo eléctrico tales como la ecuación 18 y 19, las cuales permitirán estimar la eficiencia del sistema en condiciones reales de operación.

$$E = N * P * t \dots \text{Ecuacion (18)}$$

Donde:

- E: Consumo mensual (kW)
- N: Numero de luminarias activas
- P: Potencia de cada luminaria (kW)
- T: Tiempo de uso mensual (horas)

$$\text{Ahorro} = \frac{E_{\text{Tradicional}} - E_{\text{LED}}}{E_{\text{Tradicional}}} * 100 \dots \text{Ecuacion (19)}$$

a) Sistema propuesto (LED- Arena Visión Philips).

$$E = 60 * 1.01\text{kW} * 42\text{h} = 2,545.2 \text{ kWh/mes}$$

b) Sistema tradicional (halogenuros metálicos de 2000 W más balasto).

$$E = 60 * 2.1\text{kW} * 42\text{h} = 5,292 \text{ kWh/mes}$$

c) Ahorro energético estimado.

$$\text{Ahorro} = \frac{5,292 - 2,545.2}{5,292} * 100 = 51.9\%$$

Tabla 49: Comparacion de Consumo y Ahorro Energetico Mensual

Sistema	Potencia total (kW)	Tiempo mensual (h)	Consumo mensual (kWh)	Ahorro (%)
Arena Visión LED (propuesto)	60.6	42	2,545.2	-
Halogenuros metálicos	126.0	42	5,292.0	51.9%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 49 muestra que el sistema LED consume menos de la mitad que el sistema tradicional, logrando un ahorro energético del 51.9% mensual con igual cantidad de luminarias.

5.2.8.3 Consumo Estimado por Escenario. Gracias al sistema de automatización y control inteligente, es posible activar solo el número de luminarias requeridas por tipo de evento. Esto permite una operación eficiente y adaptativa, como se detalla a continuación:

Tabla 50: Consumo Energetico Mensual por Escenario

Escenario	Luminarias activas	Horas/ mes	% de potencia utilizada	Potencia total (kW)	Consumo mensual (kWh)
Partido oficial (500 lux)	60	8	100%	60.60	484.80
Entrenamiento (200 lux)	60	12	40%	24.24	290.88
Deportes complementarios (300 lux)	36	12	100%	36.36	436.32
Evento cultural/social (300 lux)	60	6	60%	36.36	218.16
Ingreso de público (75 lux)	12	4	50%	6.06	24.24
Total, estimado	-	42	-	-	1,454.40

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 50 muestra como el uso de automatización y control permite adaptar el consumo energético según el tipo de evento, reduciendo significativamente el gasto mensual al operar solo las luminarias necesarias o con menor potencia.

5.3 Conclusión

El diseño del sistema de iluminación para el Estadio municipal de Urcos ha permitido seleccionar e implementar una solución técnicamente viable y energéticamente optimizada. Mediante el uso de 60 luminarias Philips Arena Visión LED y un sistema de automatización inteligente, se logró cumplir con los requerimientos de iluminación para eventos deportivos y recreativos, reduciendo el consumo energético mensual en un 51.9% respecto a tecnologías tradicionales. Esta propuesta asegura un funcionamiento confiable, adaptable y sostenible para un estadio de competencia nacional.

CONCLUSIONES

1. Como resultado del proyecto, se logró cumplir con el objetivo general de diseñar un sistema de iluminación eficiente para el Estadio Municipal de Urcos, aplicando normas técnicas nacionales e internacionales y utilizando tecnologías de iluminación modernas. El sistema desarrollado cumple con los criterios establecidos por la norma FIFA Clase II, alcanzando una iluminancia media de 609 lux, una uniformidad de 0.74 y un índice de deslumbramiento de 45, asegurando visibilidad, seguridad y confort visual en el campo de juego. La integración del sistema de automatización DMX- IoT permitió configurar escenarios de operación diferenciados, optimizando el uso energético y adaptando la iluminación a las distintas actividades del estadio. La evaluación de eficiencia energética mostro un ahorro del 51.9% en comparación con sistemas tradicionales de halogenuros metálicos, demostrando que la combinación de normas técnicas, tecnologías LED modernas y control inteligente permite una solución eficiente, flexible y sostenible, desarrollada para el estadio.
2. Como resultado de la aplicación del primer objetivo específico, se lograron establecer los procedimientos técnicos para el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos, integrando normas nacionales como NTP EM.010 y DGE-017, y normas internacionales como UNE-EN 12193 y FIFA Clase II. El análisis técnico de criterios como iluminancia, uniformidad, índice de reproducción cromática, control de deslumbramiento y temperatura de color evidenció que la norma FIFA proporciona los lineamientos más completos y específicos para campos de futbol profesional, estableciendo un nivel de iluminancia de 500 lux, uniformidad ≥ 0.6 , un IRC ≥ 65 y un índice de deslumbramiento GR ≤ 50 . Las demás normas resultaron adecuadas para áreas complementarias, asegurando que estas cumplan con los estándares de funcionalidad y seguridad, garantizando un diseño técnicamente consistente y aplicable directamente en el estadio.
3. Como resultado de la aplicación del segundo objetivo específico, se incorporaron tecnologías de iluminación modernas y eficientes en el sistema del Estadio Municipal de Urcos. La evaluación técnica determinó que la luminaria Arena Visión LED de Philips es la opción más adecuada, debido a su alta eficacia luminosa de 130 a 150 lm/W, un índice de reproducción cromática superior a 90 y compatibilidad con protocolos de control DMX, DALI e IoT. Esta tecnología garantiza iluminación de alta calidad, consumo energético reducido y

mantenimiento mínimo, contribuyendo directamente a la eficiencia operativa del sistema y asegurando que la iluminación se adapte de manera flexible y sostenible a las distintas actividades del estadio.

4. Como resultado de la aplicación del tercer objetivo específico, se realizó el diseño del sistema de iluminación del Estadio Municipal de Urcos mediante una metodología de ocho etapas: diagnóstico inicial, selección de normas, selección de tecnología, cálculos preliminares, simulación lumínica, cálculo de demanda eléctrica, diseño de automatización y evaluación de eficiencia energética. Se definieron cinco escenarios de operación: partidos oficiales, entrenamientos, deportes complementarios, eventos culturales e ingreso del público que permiten adaptar la iluminación a las distintas actividades del estadio, optimizando el consumo eléctrico. La simulación lumínica con DIALux verificó que 60 luminarias Arena Visión LED de 1010 W instaladas a 28 m de altura distribuidas en seis torres cumplen con los estándares FIFA Clase II, asegurando niveles de iluminancia, uniformidad y control de deslumbramiento adecuados. Esta metodología garantiza un diseño eficiente, flexible y aplicable directamente en el estadio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el sistema de iluminación propuesto, dado que cumple con los criterios técnicos y normativos requeridos para campos deportivos de competencia nacional. Esta implementación permitirá mejorar significativamente las condiciones de visibilidad y operatividad en el Estadio Municipal de Urcos.

Asimismo, se sugiere incorporar el sistema de automatización planteado mediante protocolo DMX o DALI e integración IoT, con el objetivo de optimizar el uso energético de acuerdo con distintos escenarios de actividad.

Se considera conveniente desarrollar en una etapa futura un análisis económico del sistema diseñado, que permita evaluar su viabilidad financiera y los beneficios asociados al ahorro energético.

Finalmente, se plantea que este diseño pueda ser adaptado y replicado en otros recintos deportivos con características similares, contribuyendo a la modernización de la infraestructura deportiva a nivel regional.

BIBLIOGRAFÍA

- Efimarket. (28 de Junio de 2017). *¿Por qué utilizar la tecnología Led?* Obtenido de <https://www.efimarket.com/blog/por-que-utilizar-la-tecnologia-led/>
- Adam , G. K. (2019). Sistema de control de controladores LED DALI para operaciones de iluminación basado en Raspberry Pi y módulos Kernel. *Electronics*, 22.
- AitanaTP. (2021). *Propiedades de la luz*. Obtenido de <https://www.aitanatp.com/nivel6/luz/propied.htm>
- Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., Martínez Antón , A., & Pastor Villa, R. (2021). *LUMINOTECNIA: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida*. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Desktop/L%20U%20M%20I%20N%20O%20T%20E%20C%20N%20I%20A.pdf>
- Cabello Rivero, M., & Sánchez Ortiz, M. (2010). *Instalaciones Electricas Interiores*. Madrid: Editex, S.A.
- Camino, J. A. (2011). *Criterios de diseño en iluminacion y color*. Argentina: EduTecne.
- Comite Tecnico CTN 72. (2020). *Norma UNE - EN 12193 Iluminacion de Instalaciones Deportivas*. Espana: ANFALUM.
- Contreras Perez, B. J., & Ponce Vera, D. H. (2022). *Diseño de un Sistema de iluminación inteligente, caso de estudio: estadio de ESPOL*. Guayaquil - Ecuador.
- Cursos online web. (Octubre de 2022). *Propiedades de la luz*. Obtenido de <https://cursosonlineweb.com/propiedades-de-la-luz.html>
- DGE. (1982). *Norma de Alumbrado de Interiores y Campos Deportivos*. Lima: Ministerio de Energia Y Minas.
- Elvatron. (25 de Junio de 2020). *¿Cuál es la importancia de un sistema de pararrayos?* Obtenido de <https://blog.elvatron.com/pararrayos/cu%C3%A1l-es-la-importancia-de-un-sistema-de-pararrayos>
- Equipos y laboratorio. (Julio de 2022). *Propiedades de la luz*. Obtenido de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/propiedades-de-la-luz>
- FIFA. (2011). *Estadios de Futbol- Recomendaciones Tecnicas y Requisitos*. Zúrich, Suiza: FIFA.
- Flores Bedregal , A. U. (2022). *Diseño de un sistema de iluminacion inteligente para campos deportivos de alta competicion*. Arequipa - Peru.
- Indalux. (2002). *Manual de iluminación INDALUX*. Lun Notecn.

- KPN Safety Solutions. (2023). *¿Qué tipos de protección eléctrica hay y para qué sirve cada uno?*
Obtenido de <https://www.kpnsafety.com/tipos-proteccion-electrica/>
- Ledvance. (2024). Iluminacion de Instalaciones Deportivas . *LEDVANCE*, 44.
- Leon, A. J. (2007). *Fundamentos y conceptos de Luminotecnia*. Honolulu, Hawai: Winter.
- Luxlite. (2022). Iluminacion DEPORTIVA. *Luxlite*, 22.
- Malagon Revilla, B. S., & Sanchez Tituana, H. F. (2021). *Diseño de un sistema de iluminacion para el estadio Valeriano Gavinielli Borvio de la Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca utilizando tecnologia led y sistemas fotovoltaicos*. Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca , Ecuador.
- Ministerio de Energia y Minas. (2006). *Codigo Nacional de Electricidad-utilizacion*. Lima: Direccion General de Electricidad.
- Ministerio de Energia y Minas. (2006). *Terminologia en Electricidad*. Lima: Direccion General de Electricidad.
- Ministerio de Vivienda, Construcion y Saneamiento. (2019). *Noma Tecnica EM.010 Instalaciones Electricas Interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Editora Peru.
- NFON. (2024). *Instalaciones TC*. Obtenido de <https://www.nfon.com/es/get-started/cloud-telephony/lexicon/base-de-conocimiento-destacar/instalaciones-tc#:~:text=Las%20instalaciones%20TC%20o%20de,con%20la%20red%20telef%C3%B3nica%20p%C3%ABblica>.
- OAK. (2022). *Conocimiento de la industria*. Obtenido de <http://es.oakled.com/info/what-is-uniformity-of-illuminance-39685530.html>
- Orejon Sanchez, R. D., Hermoso Orzaez, M. J., & Gago Calderon , A. (2020). Instalaciones de iluminación LED en estadios profesionales: eficiencia energética, confort visual y requisitos de la retransmisión televisiva 4K. *Sustainability*, 19.
- Philips. (2023). *ArenaVision LED gen3.5*. Obtenido de https://www.lighting.philips.com.co/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-por-proyeccion-para-deportes-y-areas/alumbrado-por-proyeccion-para-deportes-de-alta-gama/arenavision-led-gen35/LP_CF_BVP418_EU/family
- Ptolomeo Unam. (2015). *CAPÍTULO 1 ILUMINACIÓN DE ESTADIOS*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/286/4/A4.pdf>

- Rizzolo Roustaiyan, C. M. (2000). *Manual de Procedimientos para la Ingenieria de Iluminacion de Interiores y Areas Deportivas*. Sartenejas.
- Secom Iluminación S.L. (12 de Noviembre de 2020). *Iluminación de un campo de fútbol: estándares recomendados por la FIFA*. Obtenido de <https://blog.secom.es/criterios-iluminacion-de-un-campo-de-futbol/>
- SX LIGHTING. (2024). *Descubra en que situaciones utilizar la automatizacion de la iluminacion industrial*. Obtenido de <https://sxlighting.com/es/blog/cenarios-programados-com-automacao-da-iluminacao-industrial/#:~:text=La%20automatizaci%C3%B3n%20de%20la%20iluminaci%C3%B3n%20industrial%20consiste%20en%20la%20creaci%C3%B3n,es%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20costo.>
- Tiendaillux. (27 de Diciembre de 2021). *¿Que es un sistema de iluminacion inteligente?* Obtenido de <https://tiendaillux.com.mx/blogs/noticias/que-es-un-sistema-de-iluminacion-inteligente>
- UPC. (2018). *Manual de Iluminacion*. Obtenido de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/iluminacionDeportiva-caracteristicas.php>

ANEXOS

Anexo 01: Solicitud de Elaboración del Proyecto de Iluminación del Estadio
LIGA DISTRITAL DE FUTBOL DE URCOS


AFILIADA A LA FEDERACION PERUANA DE FUTBOL
RECONOCIDO CON PARTIDA REGISTRAL N° 111084102

“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

Cusco, 17 de diciembre del 2023

ASUNTO: Solicita elaboración de un proyecto de iluminación del Estadio Municipal de Urcos.

SEÑOR:

DR. LAURO ENCISO RODAS

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y MECÁNICA.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Es grato dirigirme a Usted, con la finalidad de poner en su conocimiento lo siguiente:

PRIMERO: Que la localidad de Urcos Capital de la Provincia de Quispicanchi tiene una infraestructura de actividades deportivas y culturales denominada “**Estadio Municipal de Urcos**” la misma que cumple diferentes actividades tanto deportivas, culturales y sociales.

SEGUNDO: Que, en dicho Estadio Municipal de Urcos, se han desarrollado encuentros deportivos de Fútbol de nivel local y nacional, con la participación de Clubes Profesionales de la Ciudad del Cusco. Asimismo, se prevé la utilización de dicho estadio para la próxima temporada del Campeonato de Fútbol a nivel Nacional.

TERCERO: Que la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, tiene como Responsabilidad Social Universitaria, apoyar el desarrollo social, cultural y deportivo de las Provincias de la Región Cusco principalmente.

Por tales razones, Señor Decano solicitamos a Usted viabilizar el desarrollo del “**Proyecto de iluminación del Estadio Municipal de Urcos**”, mediante el desarrollo de una Tesis Universitaria. Para dicho efecto, hemos coordinado con el **Br. Kevin Fernando Mamani Barrientos** para desarrollar el referido proyecto a nivel de Tesis

Comprometidos con la juventud y el deporte...



LIGA DISTRITAL DE FUTBOL DE URCOS



AFILIADA A LA FEDERACION PERUANA DE FUTBOL
RECONOCIDO CON PARTIDA REGISTRAL N° 111084102

Universitaria en la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica de la UNSAAC. Asimismo, se tiene la aceptación del Ing. **Octavio Cañihua Cayocusi** como asesor del indicado proyecto.

Agradeciendo de antemano su aceptación y la atención a la presente, le reiteramos las consideraciones distinguidas.

Atentamente,


 LIGA DISTRITAL DE
FUTBOL DE URCOS

 Honorato Oviedo Quispe
PRESIDENTE
DNI: 25183322

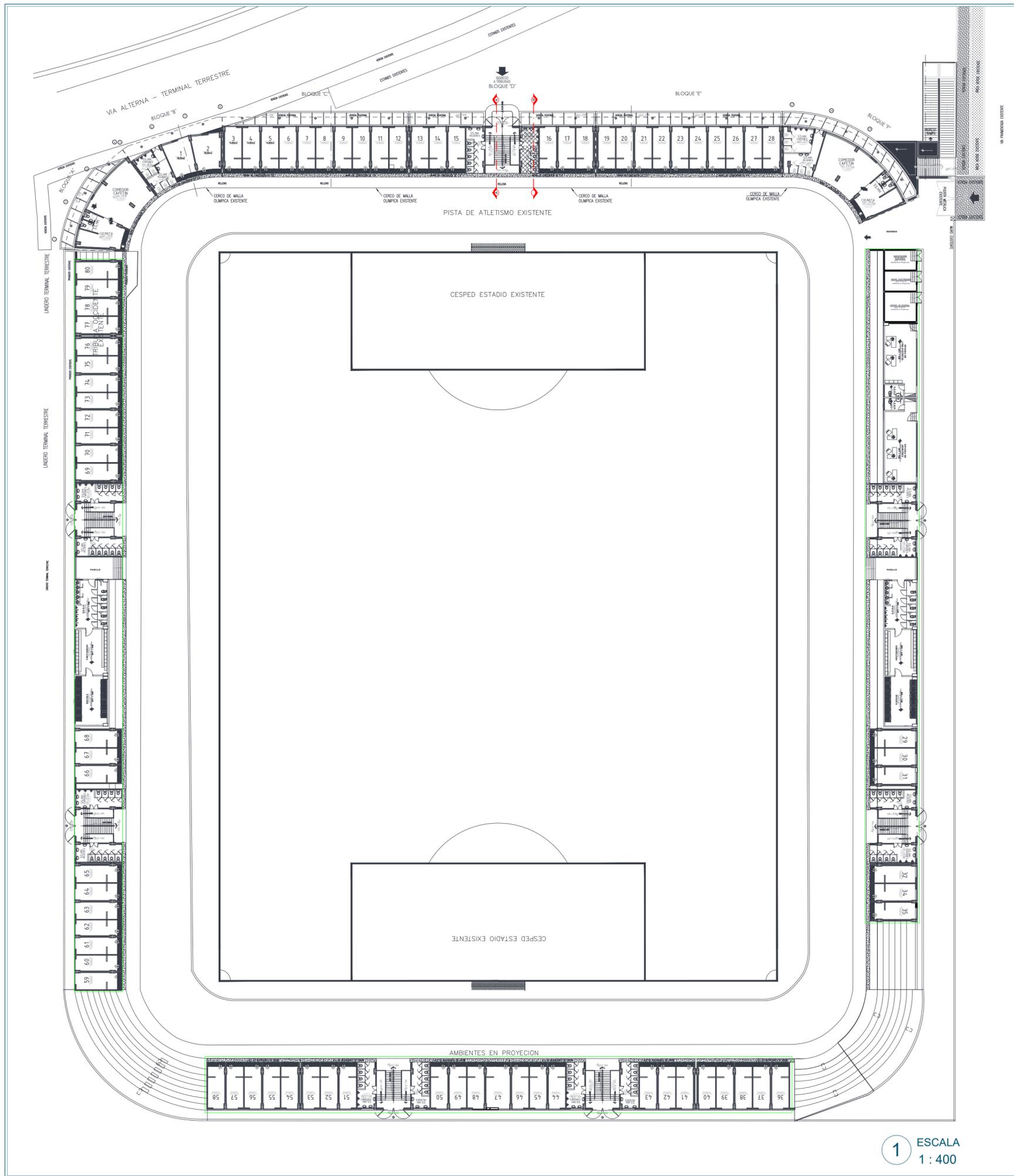
Honorato Oviedo Quispe
DNI: 25183322
Presidente de la Liga distrital de futbol de Urcos


 LIGA DISTRITAL DE FUTBOL
DE URCOS

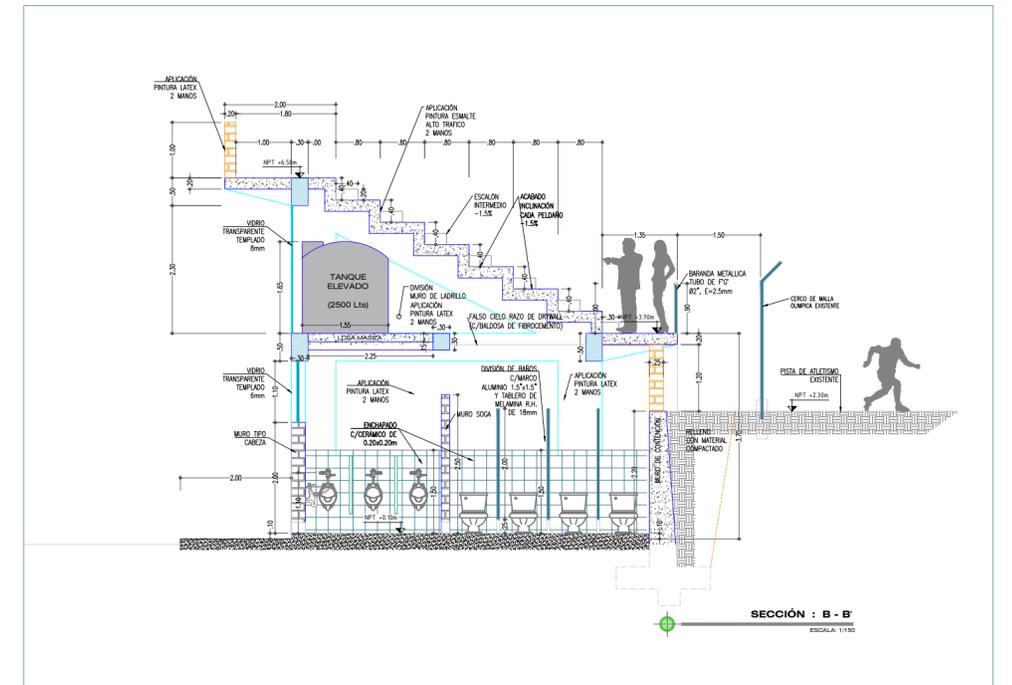
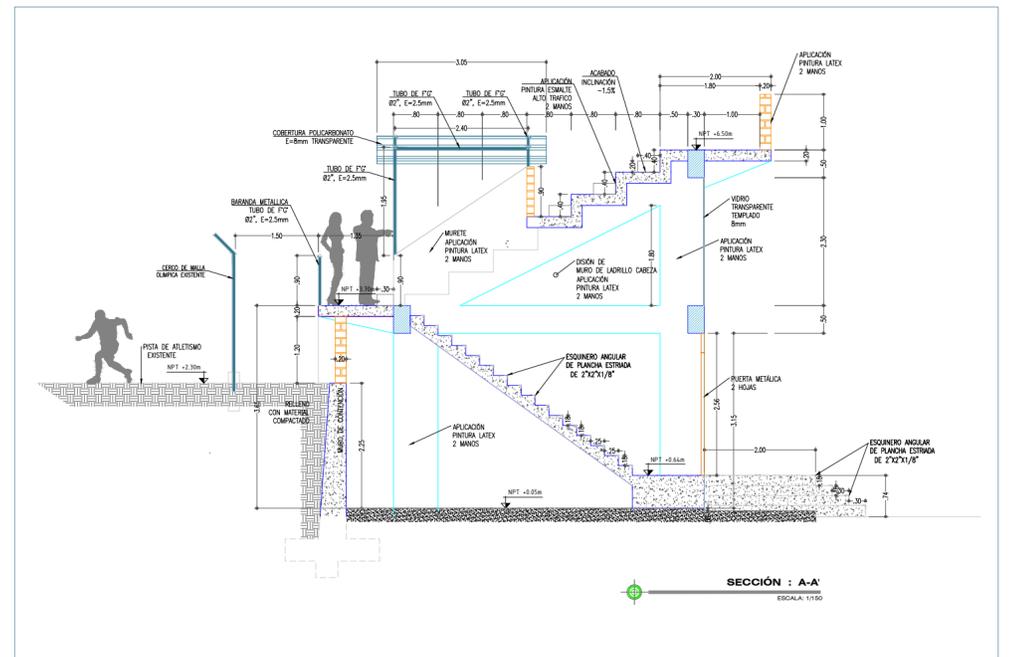
 SECRETARIO

Luis Cutiré Mendoza
DNI: 41911379
Secretario de la Liga distrital de futbol de Urcos

Anexo 02: Plano Arquitectónico de Ambientes Interiores del Estadio



1 ESCALA 1:400



NOTA: LOS AMBIENTES ENCERRADOS DENTRO DE UN CUADRADO VERDE REPRESENTAN ESPACIOS EN PROYECCION. ESTOS AMBIENTES ESTÁN CONTEMPLADOS EN FASES FUTURAS DEL PROYECTO Y NO EXISTEN ACTUALMENTE EN EL ESTADIO.

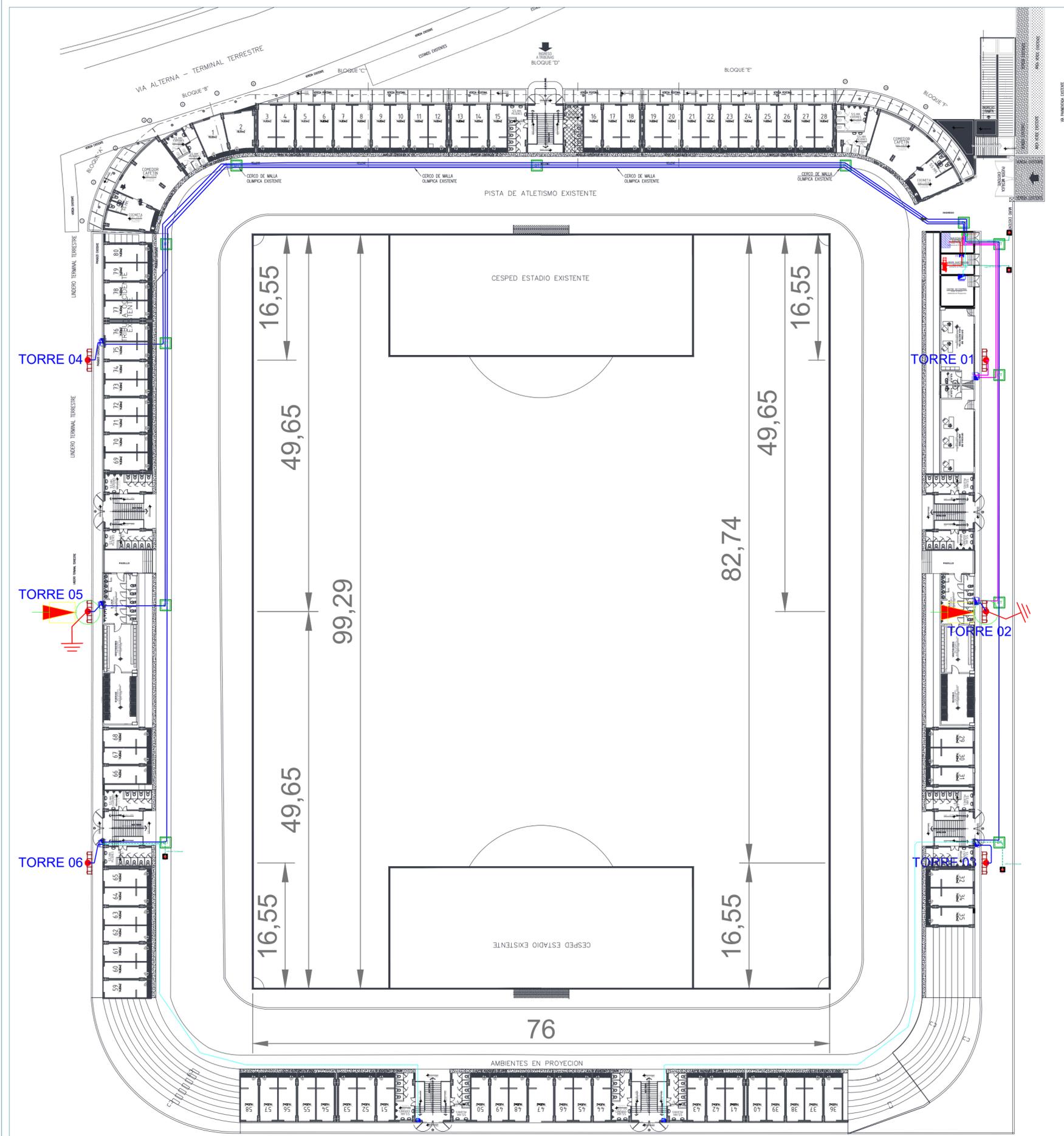


DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

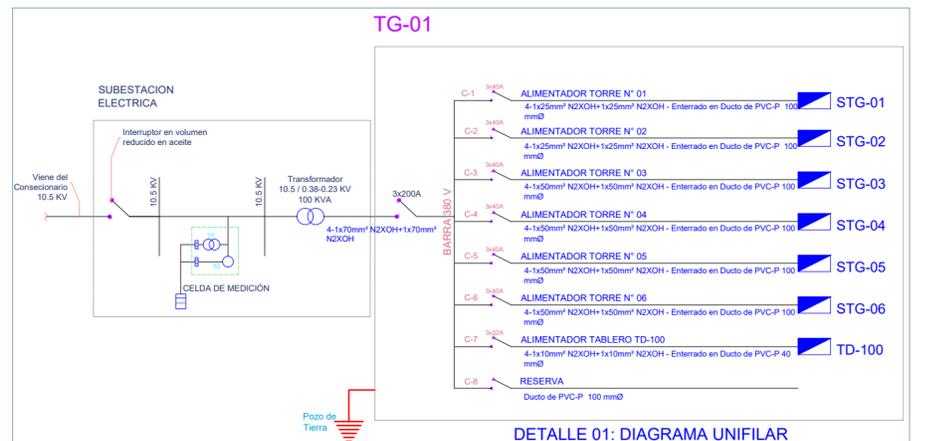
PLANO: ÁREAS INTERIORES DEL ESTADIO DEPORTIVO

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: ARQUITECTURA	FECHA 2024	ESCALA 1:400	LAMINA A-02
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	

Anexo 03: Planimetría Técnica del Sistema de Iluminación y Control



1 ESCALA
1 : 400



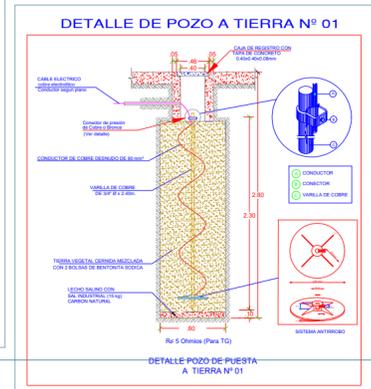
DETALLE 01: DIAGRAMA UNIFILAR

ESPECIFICACION TECNICA

- EL ESQUEMA DE CONEXIÓN ES RST-N, LO QUE SIGNIFICA UN CABLE TRIFÁSICO, UN CABLE NEUTRO Y UN CABLE DE PROTECCIÓN. DE ESTA MANERA, LA TENSIÓN ÚTIL DEL LADO SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR ES DE 380/220 V. LOS CABLES SE DISTRIBUYEN DESDE EL PUESTO DE TRANSFORMACIÓN A CADA UNA DE LAS CARGAS SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS DE TENSIÓN MONOFÁSICA O TRIFÁSICA, COMO SE MUESTRA EN EL DETALLE 01.
- LA RED PROYECTADA QUE ALIMENTARÁ LAS LUMINARIAS QUE ESTÁN UBICADAS EN LAS TORRES SERÁ SUBTERRÁNEA LA CUAL PARTIRÁ DESDE EL TABLERO GENERAL QUE ESTÁ UBICADO EN UN AMBIENTE PROYECTADA. LUEGO LLEGA A UN SUBTABLERO GENERAL SUBIENDO POR LA TORRE, LLEGANDO A UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN Y FINALMENTE A LA CARGA.
- EL CABLE N2XOH, EMPLEADO EN REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN, EN ENTORNOS CON ESCASA VENTILACIÓN, EN ZONAS DE GRAN AFLUENCIA DE PERSONAS Y QUE PUEDE SER INSTALADO DIRECTAMENTE EN CONDUCTOS O ENTERRADO EN SITIOS SECOS Y HÚMEDOS, SERÁ EL CONDUCTOR QUE PROPORCIONARÁ ENERGÍA A LOS SUB TABLEROS DESDE EL TABLERO PRINCIPAL.

LEYENDA			
Símbolo	Descripción	Altura de Montaje	Caja
	Grupo Electrogeno	-	-
	Tablero General TG	1,80m SNPT Borde Sup.	Gabinete Metálico
	Sub Tablero General STG	1,80m SNPT Borde Sup.	Gabinete Metálico
	Tablero de Transferencia	1,80m SNPT Borde Sup.	Gabinete Metálico
	Puesta a tierra	-	-
	Tubo PVC-SAP de 100mm Ø (4") para conductores en piso	Piso	-
	Cable N2XOH (4-1x70mm²(F) + 1x70mm²(T))	Piso	-
	Cable N2XOH (4-1x50mm²(F) + 1x50mm²(T))	Piso	-
	Cable N2XOH (4-1x25mm²(F) + 1x25mm²(T))	Piso	-
	Cable TW (1-1x95mm² Puesta a tierra)	Piso	-

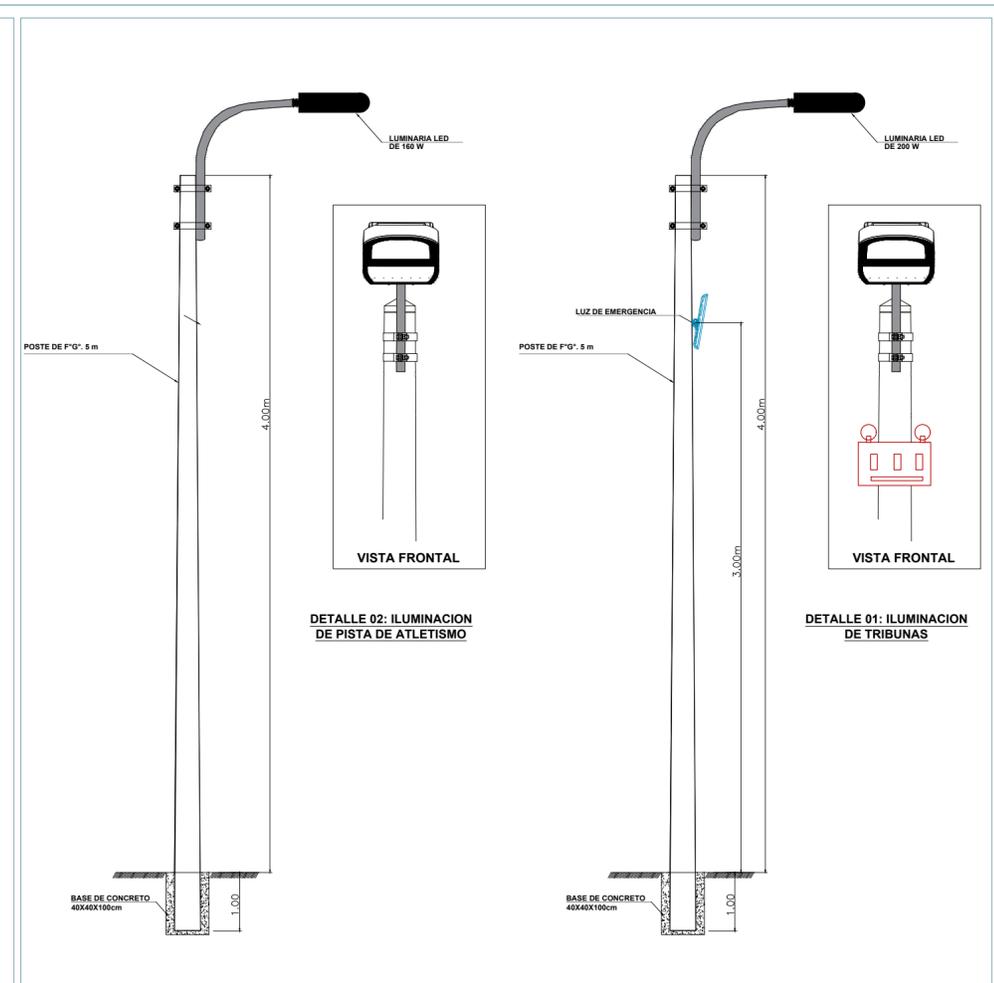
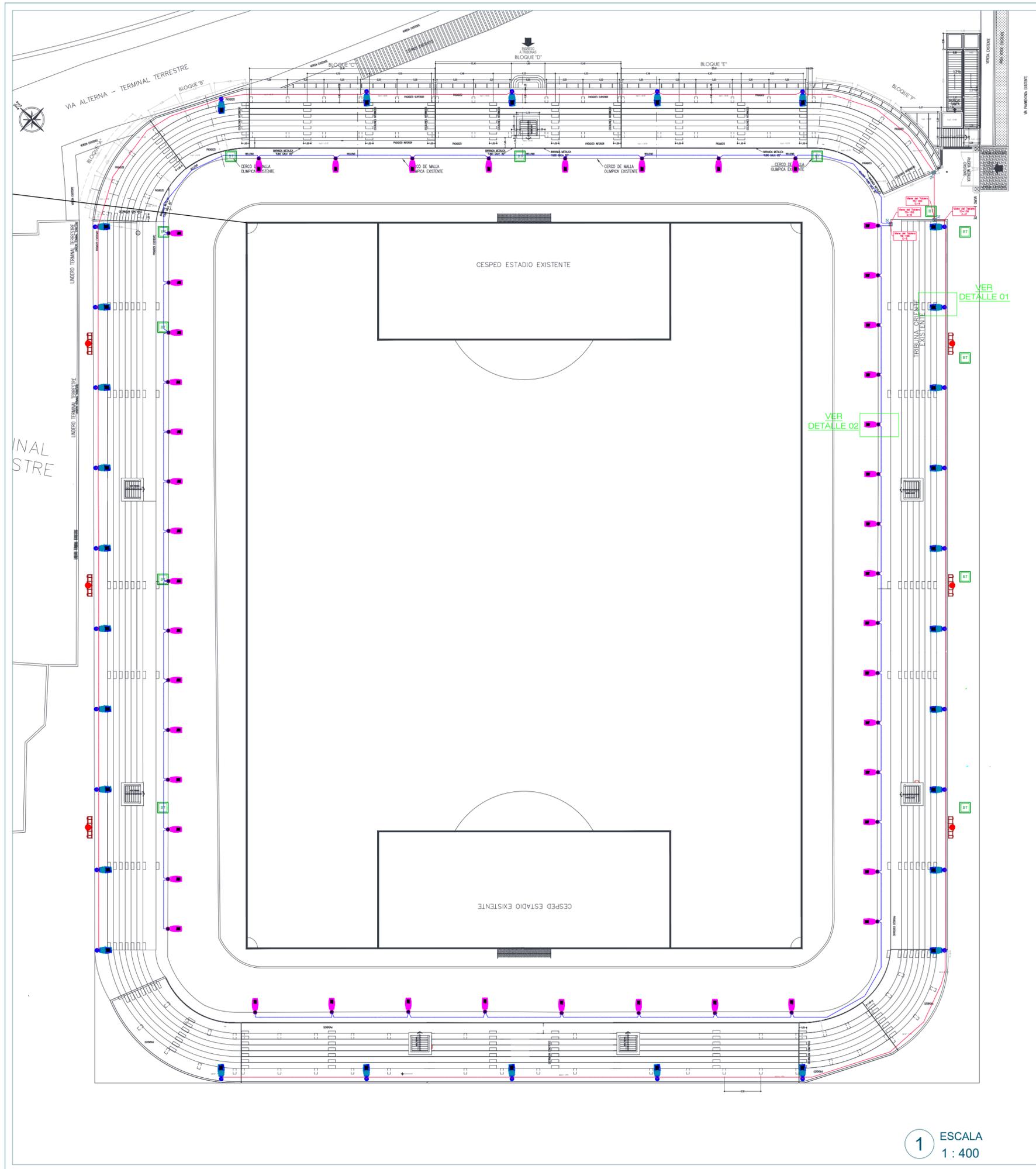
LEYENDA		
METRADO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
02		PARARRAYOS IONIZANTE, CON DISP. DE CEBADO
06		SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, PAT-3



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: INSTALACIONES ELÉCTRICAS- ALIMENTACIÓN

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KÉVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA 2025	ESCALA 1 : 400	LAMINA IE-02
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	



ESPECIFICACION TECNICA - ILUMINACION DE TRIBUNAS Y PISTA DE ATLETISMO

- LA ILUMINACION DE LAS TRIBUNAS Y DE LA PISTA ATLÉTICA SE REALIZARÁ MEDIANTE LUMINARIAS LED TIPO PROYECTOR DE ALTA EFICIENCIA, INSTALADAS EN POSTES METÁLICOS DE FIERRO GALVANIZADO DE 5 METROS DE ALTURA, UBICADOS AL FINAL DE CADA SECCIÓN DE GRADERÍA Y ALREDEDOR DE LA PISTA.
- LAS LUMINARIAS ESTARÁN DISPUESTAS ESTRATÉGICAMENTE PARA GARANTIZAR UNA COBERTURA UNIFORME EN LAS ÁREAS DE CIRCULACIÓN Y COMPETICIÓN, CUMPLIENDO CON LOS NIVELES DE ILUMINANCIA REQUERIDOS: MÍNIMO 75 LUX EN TRIBUNAS Y 300 LUX EN LA PISTA ATLÉTICA, DE ACUERDO CON ESTÁNDARES PARA ACTIVIDADES DEPORTIVAS COMPLEMENTARIAS.
- EL ENCENDIDO DE ESTAS LUMINARIAS SE REALIZARÁ DE FORMA MANUAL DESDE EL TABLERO AUXILIAR, PERMITIENDO SU USO ÚNICAMENTE ANTES Y DESPUÉS DE LOS EVENTOS PRINCIPALES, ASÍ COMO EN ACTIVIDADES INDEPENDIENTES EN LA PISTA.
- SE CONSIDERA EL USO DE LUMINARIAS CON PROTECCIÓN IP65 O SUPERIOR Y RESISTENCIA MECÁNICA IK08, APTAS PARA CONDICIONES EXTERIORES.

LEYENDA			
Símbolo	Descripción	Altura de Montaje	Caja
	Tablero de Distribución Eléctrica TD	1.80m SNPT Borde Suo.	Cabinete Metálico
	Luminaria LED para anclar en poste de 200W/30000lm/IP65	Poste	C. Oct. F'G'
	Luminaria LED para anclar en poste de 160W/21600lm/IP65	Poste	C. Oct. F'G'
	Luz de emergencia LED de 40W 5600lm/ 4000°K/IP65	Poste	C. Oct. F'G'
	Caja de paso de 200x200x100 mm.	0.40m SNPT	Caja Cuadrada F'G'
	Cable NH-90 (2-1x35mm ² F) + 1x35mm ² (T) Tubería de 40mmØ PVC-SAP	Piso	-
	Cable NH-90 (2-1x35mm ² F) + 1x35mm ² (T) Tubería de 40mmØ PVC-SAP	Piso	-
	Cable NH-90 (2-1x10mm ² F) + 1x10mm ² (T) Tubería de 35mmØ PVC-SAP	Piso	-

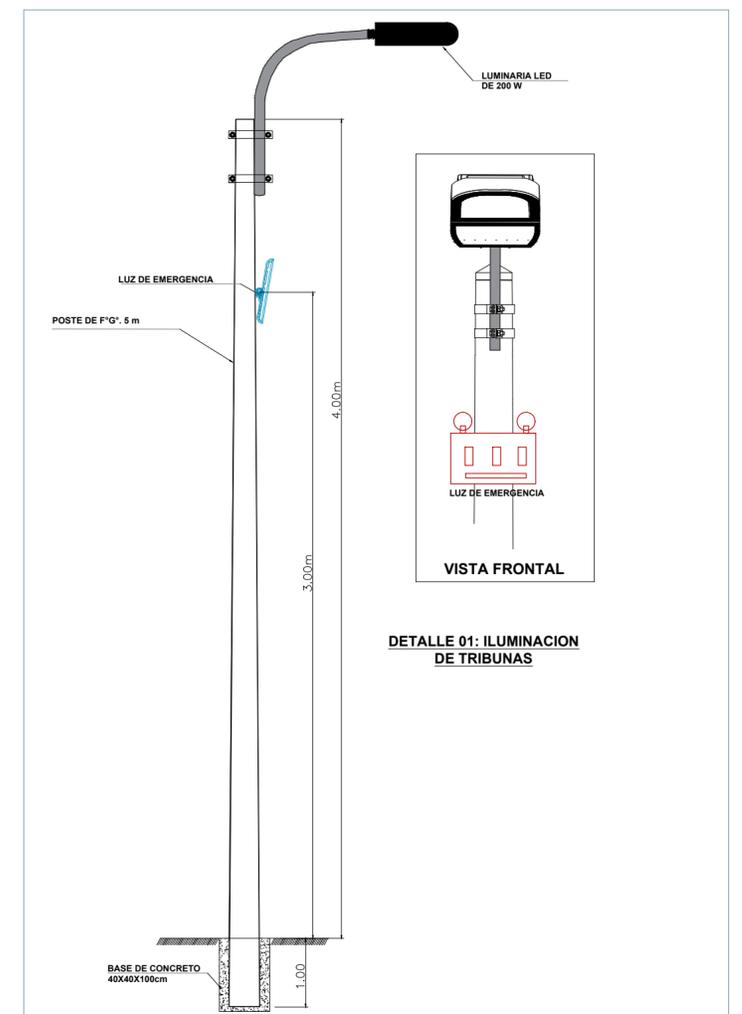
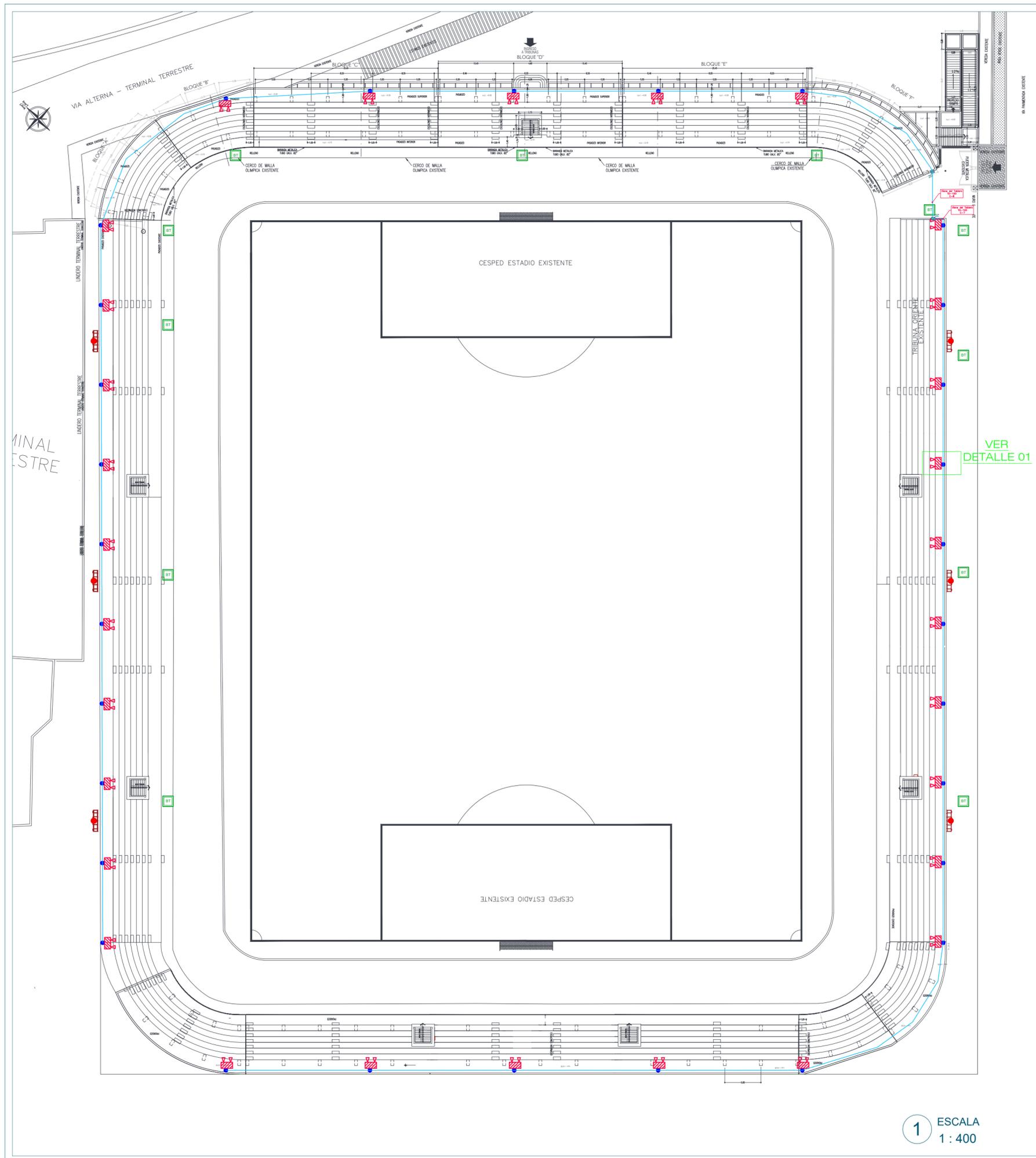


DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: ILUMINACION DE TRIBUNAS-PISTA DE ATLETISMO

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA: 2025	ESCALA: 1:400	LAMINA: IE-03
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	

1 ESCALA 1:400



- ESPECIFICACION TECNICA - ILUMINACION DE EMERGENCIA EN TRIBUNAS**
- SE INSTALARÁN LUMINARIAS DE EMERGENCIA LED EN POSTES DE FIERRO GALVANIZADO DE 5 METROS DE ALTURA, UBICADAS DIRECTAMENTE DEBAJO DE LAS LUMINARIAS PRINCIPALES DE TRIBUNAS, CONFORME AL DETALLE 01 DEL PLANO.
 - ESTAS LUMINARIAS ESTARÁN CONECTADAS A UN SISTEMA AUTÓNOMO CON BATERÍAS RECARGABLES INTERNAS, Y SE ACTIVARÁN AUTOMÁTICAMENTE EN CASO DE CORTE DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO, GARANTIZANDO VISIBILIDAD ADECUADA PARA LA EVACUACIÓN SEGURA DEL PÚBLICO.
 - LA DISTRIBUCIÓN ASEGURA UN NIVEL DE ILUMINANCIA MÍNIMA DE 0.5 LUX EN PASILLOS Y ACCESOS Y 1 LUX EN ESCALERAS O PUNTOS DE EVACUACIÓN, DE ACUERDO CON LA NORMA UNE-EN 1838.
 - LAS LUMINARIAS CONTARÁN CON GRADO DE PROTECCIÓN MÍNIMO IP65 Y AUTONOMÍA NO MENOR A 1 HORA, SIENDO APTAS PARA USO EN EXTERIORES.

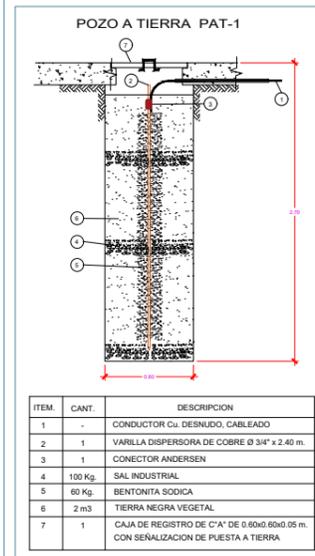
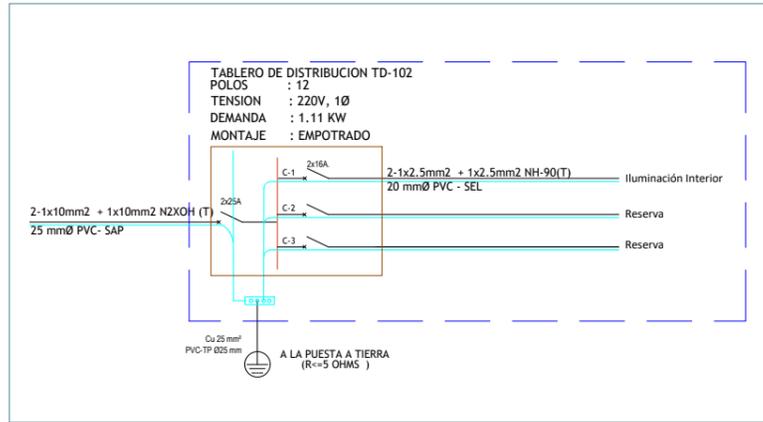
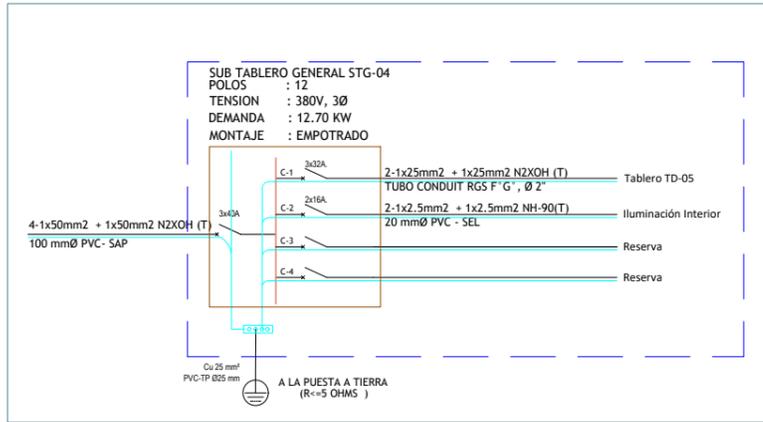
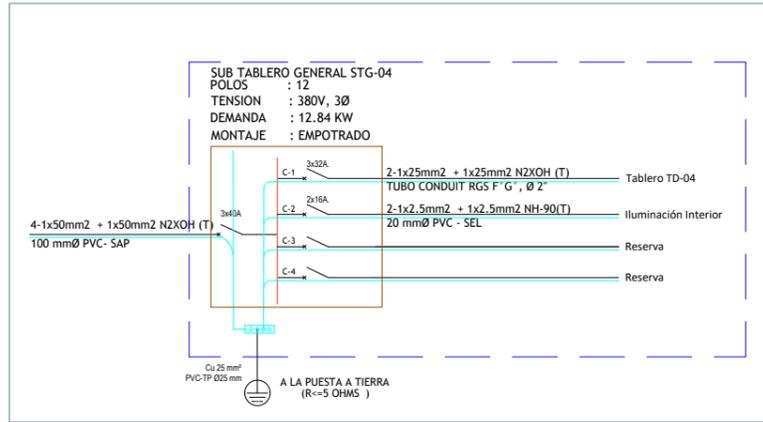
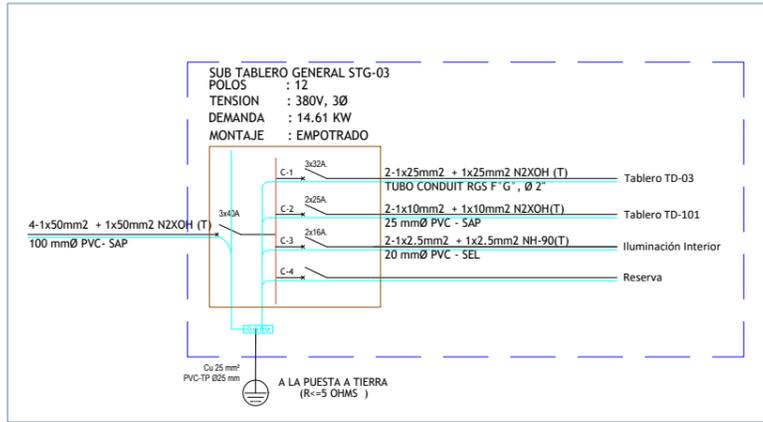
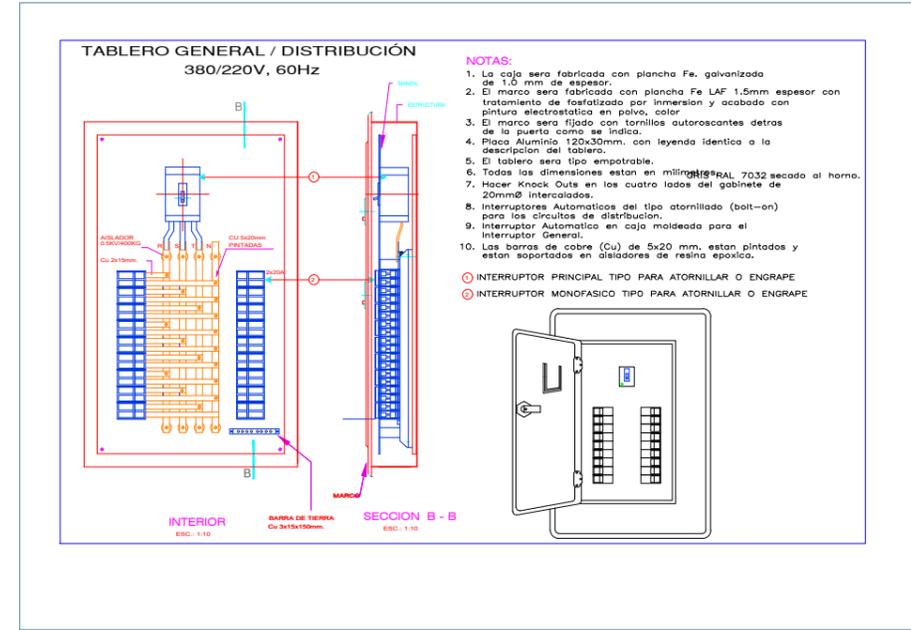
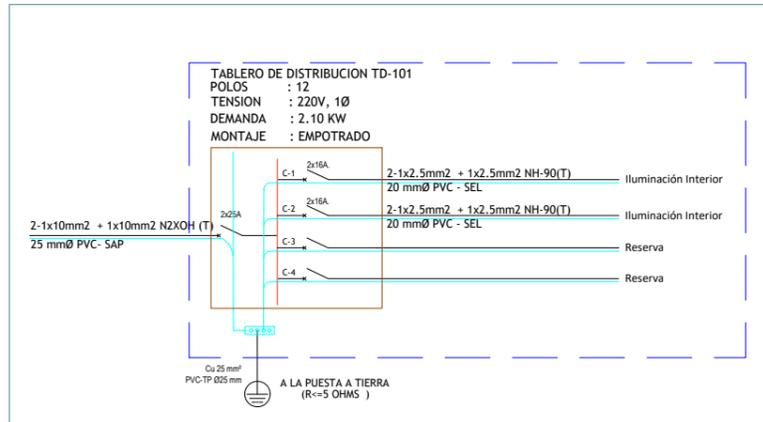
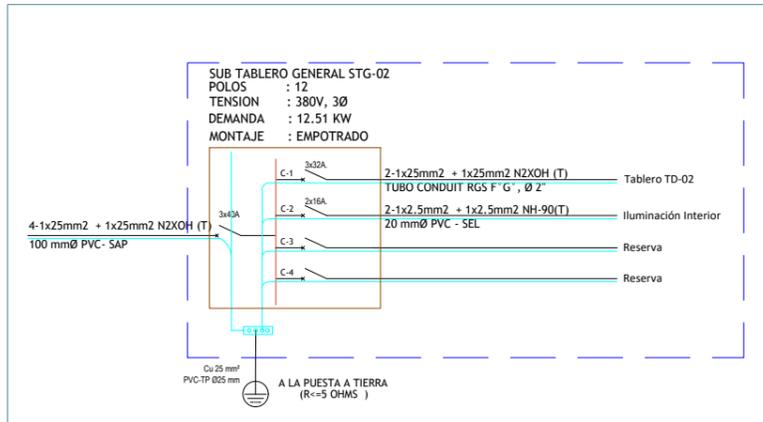
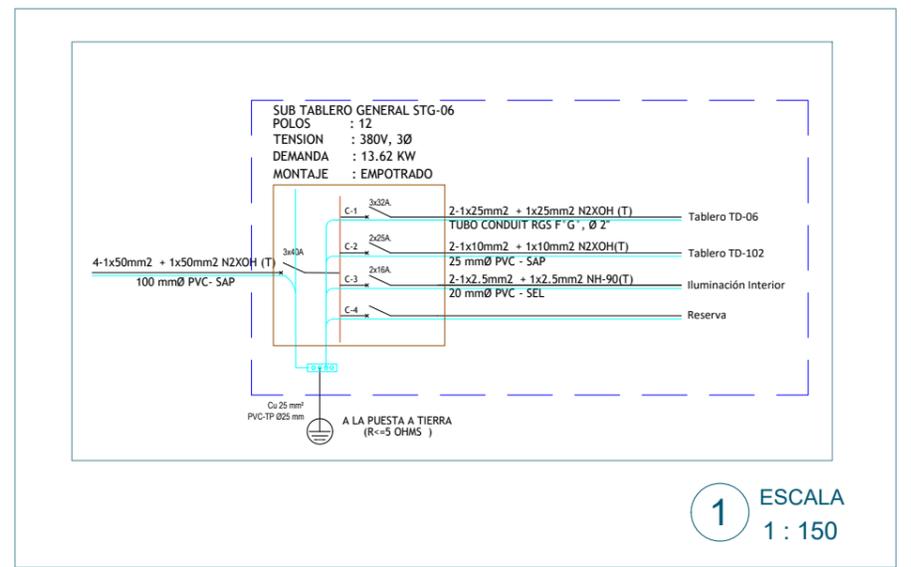
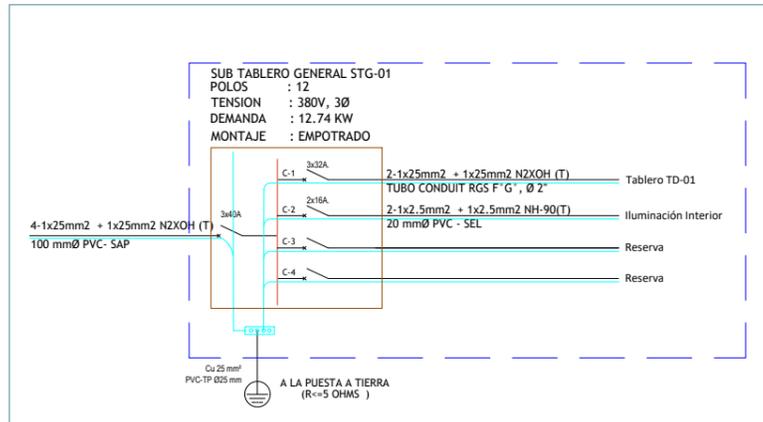
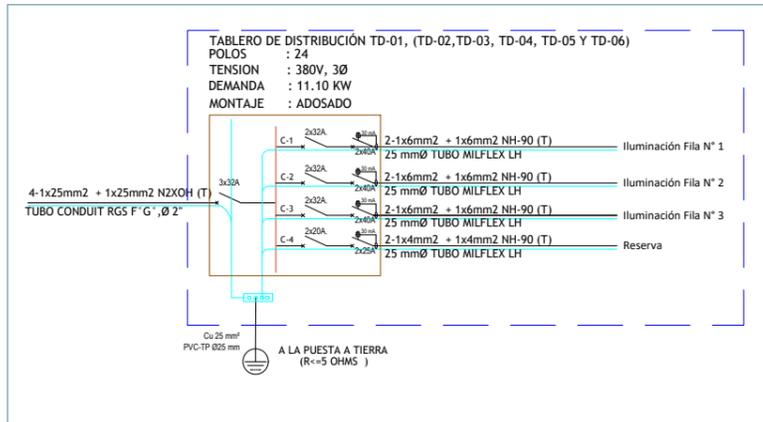
LEYENDA			
Símbolo	Descripción	Altura de Montaje	Caja
	Tablero de Distribución Eléctrica TD	1.80m SNPT Borde Sup.	Gabinete Metálico
	Luminaria LED para anclar en poste de 200W/30000m/IP65.	Poste	C. Oct. F'G"
	Luminaria LED para anclar en poste de 160W/21600m/IP65.	Poste	C. Oct. F'G"
	Luz de emergencia LED de 40W/5600lm/ 4000°K/IP65	Poste	C. Oct. F'G"
	Caja de paso de 200x200x100 mm.	0.40m SNPT	Caja Cuadrada F'G"
	Cable NH-90 (2-1x35mm ² (F) + 1x35mm ² (T)) Tubería de 40mmØ PVC-SAP	Piso	-
	Cable NH-90 (2-1x35mm ² (F) + 1x35mm ² (T)) Tubería de 40mmØ PVC-SAP	Piso	-
	Cable NH-90 (2-1x10mm ² (F) + 1x10mm ² (T)) Tubería de 35mmØ PVC-SAP	Piso	-

1 ESCALA 1:400

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: CIRCUITO DE LUZ DE EMERGENCIA PARA TRIBUNAS

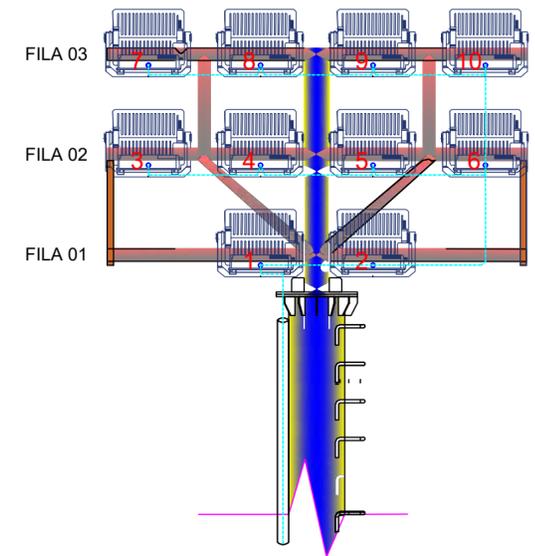
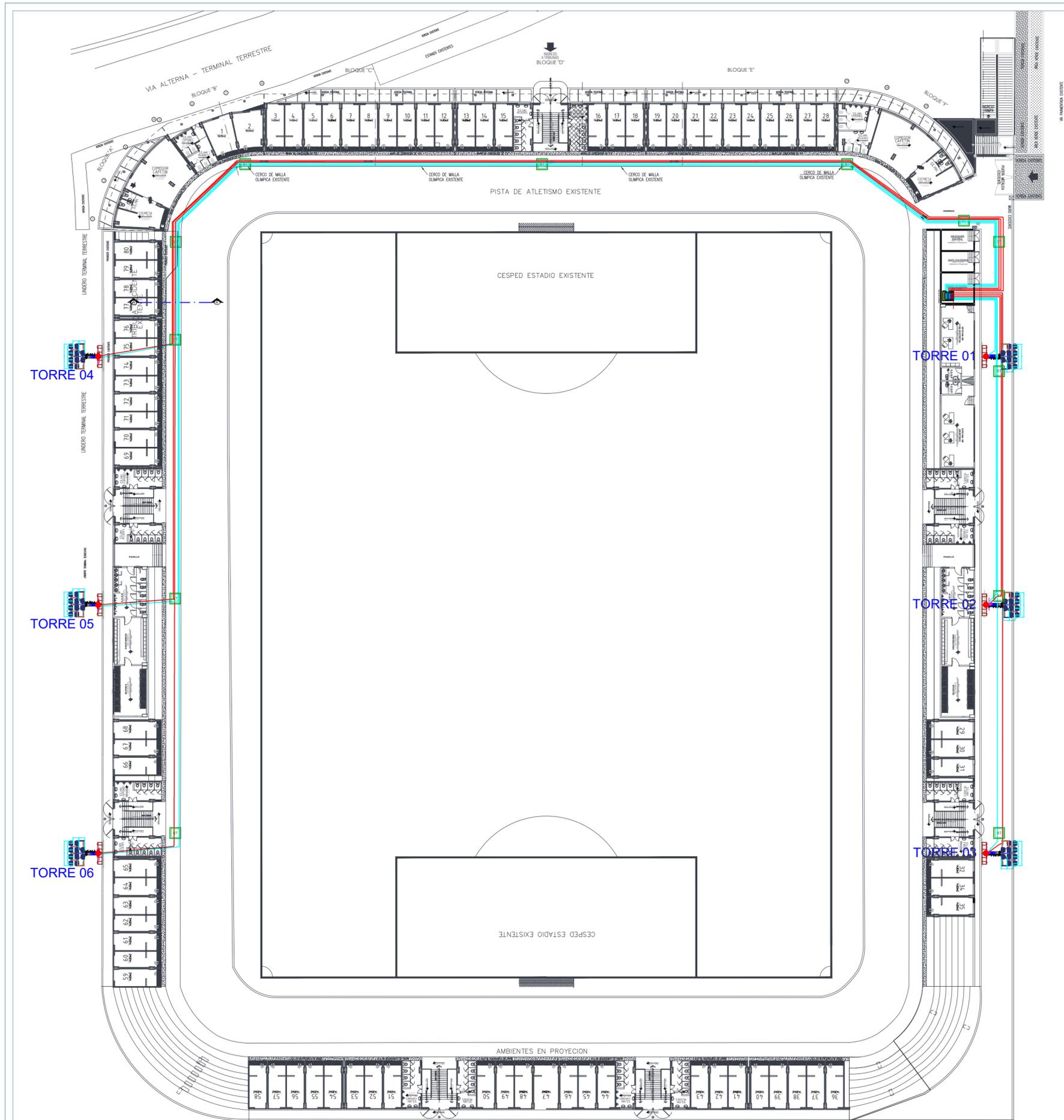
NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA 2025	ESCALA 1:400	LAMINA IE-04
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	



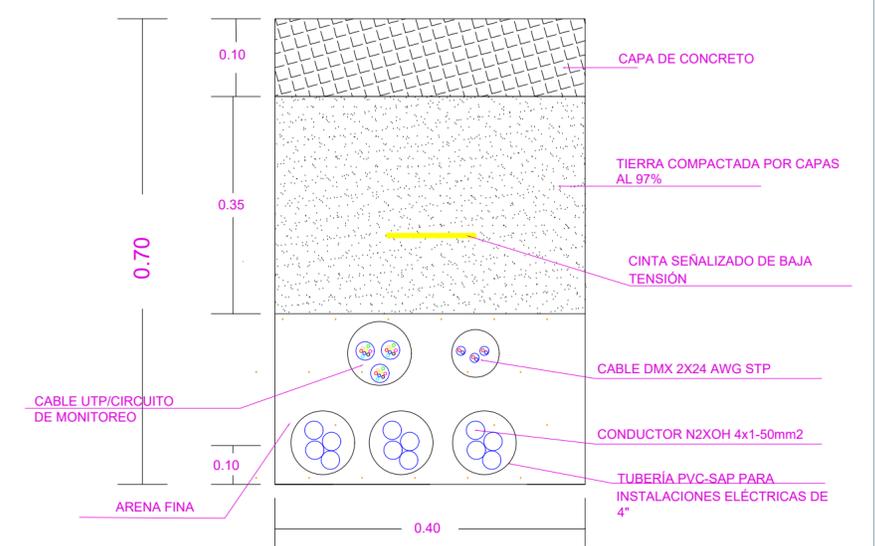
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR-TABLEROS

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA 2025	ESCALA 1:150	LAMINA IE-05
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISEPICANCHI	DESTRITO: URCOS	



VISTA FRONTAL TORRE 01
DETALLE 04: CIRCUITO DE CONTROL Y MONITOREO



DETALLE: ZANJA PARA RED DE B.T
CORTE A-A'

LEYENDA			
Símbolo	Descripción	Altura de Montaje	Caja
	Gabinete de Control	-	Gabinete Metálico
	Cable DMX 2x24 AWG STP, Impedancia 120 OHM, Blindado en Tubo PVC-SAP de Ø 1 1/2"	Piso	-
	Cable UTP Cat 6, 23AWG en Tubo PVC-SAP de Ø 1 1/2"	Piso	-

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: CIRCUITO DE CONTROL DE ILUMINACION

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA 2025	ESCALA 1:400	LAMINA IE-06
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	

1 ESCALA 1:400

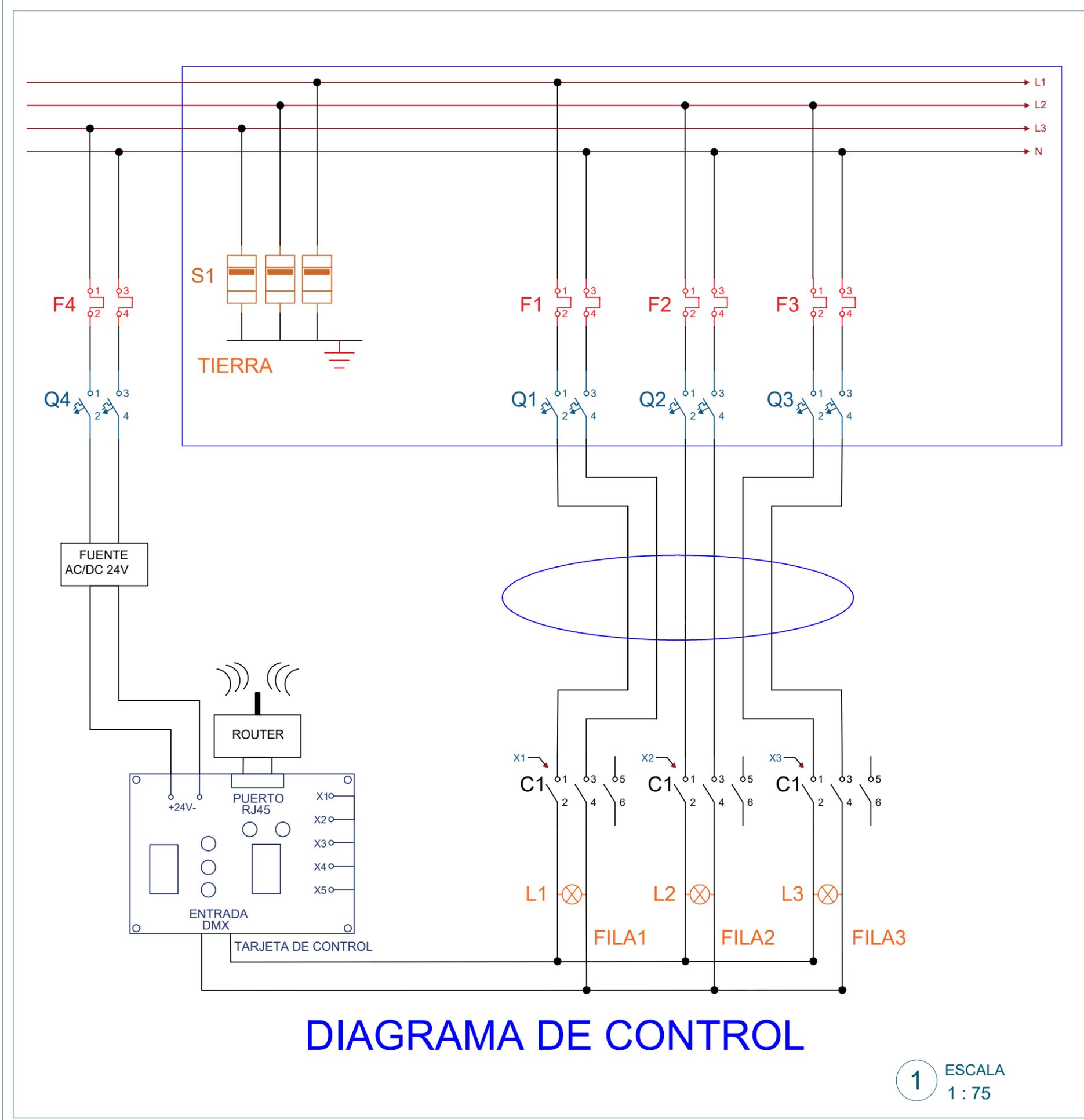


DIAGRAMA DE CONTROL

1 ESCALA 1:75

ESPECIFICACION TECNICA.

EL DMX ES UN PROTOCOLO DE CONTROL DIGITAL AMPLIAMENTE UTILIZADO EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROFESIONAL, COMO LOS DE ESTADIOS. SU OBJETIVO ES PERMITIR LA GESTIÓN REMOTA Y PRECISA DE LAS LUMINARIAS EN FUNCIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS DE ENCENDIDO, APAGADO Y ATENUACIÓN.

EL CONTROLADOR DMX SE UBICA EN LA CABINA DE CONTROL DEL ESTADIO Y SE CONECTA AL PRIMER FOCO DE CADA TORRE DE ILUMINACIÓN. ESTE CONTROLADOR ENVÍA SEÑALES DIGITALES QUE REGULAN EL COMPORTAMIENTO DE LAS LUMINARIAS. CADA TORRE DE ILUMINACIÓN TIENE 10 LUMINARIAS, Y TODAS SE CONECTAN EN CADENA UTILIZANDO CABLE DMX. LAS LUMINARIAS RECIBEN LAS SEÑALES DE CONTROL QUE AJUSTAN SU INTENSIDAD Y SI ESTÁN ENCENDIDAS O APAGADAS.

CADA LUMINARIA SE CONECTA DE FORMA SECUENCIAL A LA SIGUIENTE. EN LA ÚLTIMA LUMINARIA DE CADA TORRE SE DEBE COLOCAR UN TERMINADOR DMX PARA EVITAR PROBLEMAS DE SEÑAL, COMO REFLEJOS QUE PODRÍAN AFECTAR LA COMUNICACIÓN.

EL CONTROLADOR DMX PERMITE QUE SE PUEDAN ATENUAR O APAGAR LAS LUMINARIAS INDIVIDUALMENTE O EN GRUPOS (POR TORRE), SIN NECESIDAD DE CORTAR LA ENERGÍA ELÉCTRICA A TODO EL SISTEMA. DE ESTE MODO, SE PUEDE AJUSTAR LA ILUMINACIÓN PARA DIFERENTES NECESIDADES O SITUACIONES DEL ESTADIO.

EN EL SISTEMA IOT SE UTILIZARÁ UN GATEWAY IOT, EL CUAL ACTÚA COMO INTERMEDIARIO ENTRE LOS MÓDULOS IOT UBICADOS EN CADA TORRE Y LA RED DEL ESTADIO. EL GATEWAY SE CONECTA AL ROUTER MEDIANTE CABLE UTP CAT 6, Y PERMITE RECIBIR INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL SOBRE EL ESTADO OPERATIVO DE LAS LUMINARIAS (ENCENDIDO, APAGADO, FALLAS, TEMPERATURA), TRANSMITIÉNDOLA A UNA PLATAFORMA DE MONITOREO REMOTO PARA SU VISUALIZACIÓN Y GESTIÓN DESDE UN SISTEMA O APLICACIÓN WEB.

ESTE SISTEMA GARANTIZA UN CONTROL EFICIENTE Y SEGURO DE LA ILUMINACIÓN DEL ESTADIO, PERMITIENDO ADEMÁS UNA GESTIÓN PREVENTIVA DEL MANTENIMIENTO.

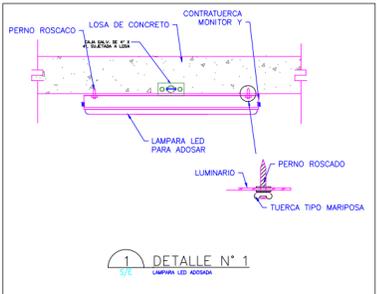
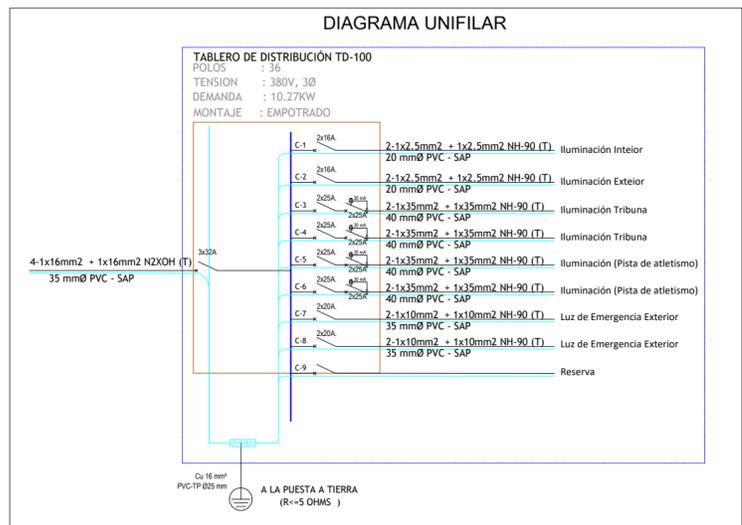
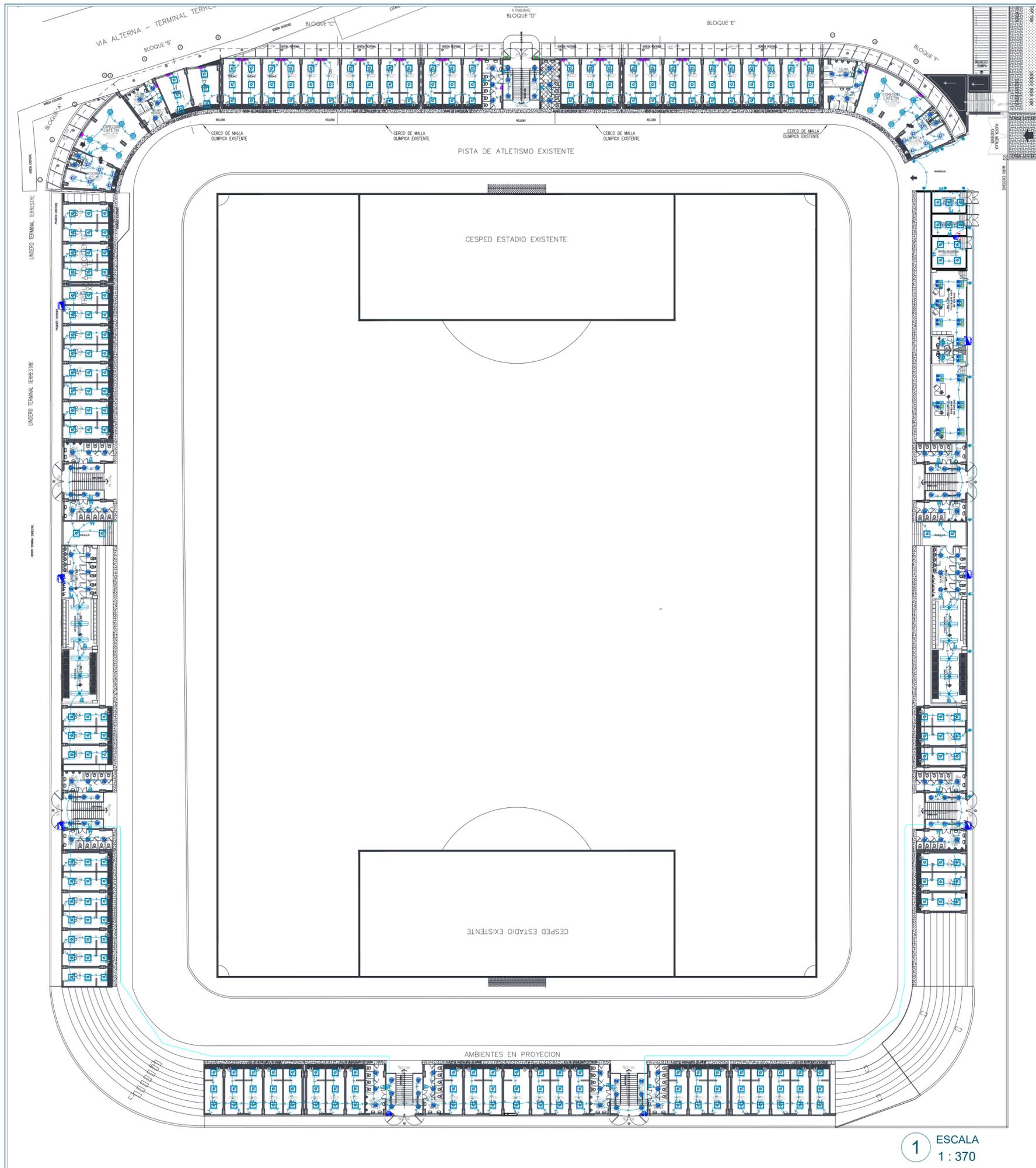
EL CIRCUITO DESCRITO SE ENCUENTRA DETALLADO EN EL PLANO IE-06.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: DIAGRAMA DE CONTROL

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS		FECHA	ESCALA	LAMINA
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	2025	1:75
				IE-07



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – ILUMINACIÓN DE INTERIORES

- TIPO DE LUMINARIA:**
 - LUMINARIAS LED TIPO PANEL, DE FORMA CUADRADA O RECTANGULAR, CON CUERPO DE ALUMINIO Y DIFUSOR OPALINO PARA EVITAR DESLUMBRAMIENTO.
 - MONTAJE EMPOTRADO O ADOSADO AL TECHO, SEGÚN LAS CONDICIONES DEL AMBIENTE.
 - LAS POTENCIAS UTILIZADAS SERÁN LAS INDICADAS EN LA LEYENDA DEL PLANO, DE ACUERDO CON EL REQUERIMIENTO DE ILUMINANCIA DE CADA ESPACIO.
- PARÁMETROS TÉCNICOS GENERALES:**
 - TEMPERATURA DE COLOR: 4000 K (BLANCO NEUTRO).
 - ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC): ≥ 80.
 - EFICIENCIA LUMINOSA MÍNIMA: 100 LM/W.
 - GRADO DE PROTECCIÓN: IP20 (USO INTERIOR).
 - VIDA ÚTIL MÍNIMA: 30,000 HORAS.
- APLICACIÓN:**
 - LAS LUMINARIAS SE INSTALAN EN AMBIENTES COMO: VESTUARIOS, BAÑOS, OFICINAS, PASILLOS Y SALAS TÉCNICAS.
 - SELECCIÓN BASADA EN EL CÁLCULO LUMÍNICO REALIZADO SEGÚN NTP EM.010, CON NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINANCIA REQUERIDOS PARA CADA TIPO DE AMBIENTE.
- CONTROL Y EFICIENCIA:**
 - ENCENDIDO MEDIANTE INTERRUPTORES MANUALES, DOBLES O TEMPORIZADOS, SEGÚN CORRESPONDA.
 - EN PASILLOS, SERVICIOS HIGIÉNICOS Y ESCALERAS, SE RECOMIENDA EL USO DE SENSORES DE MOVIMIENTO PARA OPTIMIZAR EL CONSUMO ENERGÉTICO.
- NORMATIVA APLICABLE:**
 - NTP EM.010 – INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INTERIORES.

LEYENDA

Símbolo	Descripción	Altura de Montaje	Caja
TD	Tablero de Distribución Eléctrica TD	1.80m SNPT Borde Sup.	Gabinete Metálico
	Luminaria LED tipo cuadrada para empotrar/adosar en techo de 30W/ 3150lm/ 4000°K	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria LED tipo circular para empotrar/adosar en techo de 30W/ 2160lm/ 4000°K	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria LED tipo circular para empotrar/adosar en techo de 24W/ 2160lm/ 4000°K	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria LED tipo circular para empotrar/adosar en techo de 18W/ 1440lm/ 4000°K	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria Cuadrada Panel LED de 0.595x0.595x0.010m Empotrado/Adosado sobre techo 40w/ 4107lm/ 4000°k	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria Rectangular Panel LED de 1.153x0.253x0.010m Empotrado/Adosado sobre techo 36w/ 3240lm/ 4000°k	Techo	C.Oct. F°G°
	Luminaria LED tipo aplique para adosar en pared de 40W/5190lm/IP55.	Pared	C.Oct. F°G°
	Luz de emergencia LED para adosar en pared de 12W/ 800lm/ 4000°K	Pared	C.Oct. F°G°
	Interruptor simple, doble y triple en placa metálica	1.40m SNPT	C.Rect. F°G°



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA CAMPOS DEPORTIVOS: ESTADIO MUNICIPAL DE URCOS - 2024

PLANO: CIRCUITO DE ILUMINACION INTERIOR

NOMBRE DEL ESPECIALISTA: Br. KEVIN FERNANDO MAMANI BARRIENTOS	FECHA: 2025	ESCALA: 1:370	LAMINA: IE-08
REGIÓN: CUSCO	PROVINCIA: QUISPICANCHI	DESTRITO: URCOS	

1 ESCALA 1:370