



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

ESTUDIO DE PROSPECTIVA PARA EL SISTEMA DE ILUMINACION TIPO LED DEL ESTADIO MUNICIPAL “LA COCHA” – LATACUNGA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad
mención sistemas eléctricos de potencia

Autores:

Carvajal Jiménez Marcelo Fabricio

Liger Vásquez Jonatan Edmundo

Tutor:

Víctor Hugo Hidalgo, PhD.

LATACUNGA – ECUADOR

2021

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Estudio de prospectiva para el sistema de iluminación tipo LED del estadio Municipal “La Cocha” – Latacunga” presentado por Carvajal Jiménez Marcelo Fabricio y Liger Vásquez Jonatan Edmundo, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, septiembre 8 de 2021.



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR HUGO
HIDALGO DIAZ**



Víctor Hugo Hidalgo Díaz, PhD.

C.C. 171547675-8

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Estudio de prospectiva para el sistema de iluminación tipo LED del estadio Municipal “La Cocha” - Latacunga, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

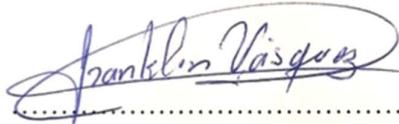
Latacunga, septiembre 16 de 2021.



Xavier Alfonso Proaño Maldonado, MSc.

C.C. 050265642-4

Presidente del tribunal



Franklin Hernán Vásquez Teneda, MSc.

C.C. 171043449-7

Lector 2



Jimmy Xavier Toaza Iza, MSc.

C.C. 171762106-2

Lector 3

DEDICATORIA

A mis padres Abrahan y Graciela, por haberme formado a lo que soy en la actualidad, por ser mi ejemplo a seguir.

A mi esposa Jenny, por tu comprensión y apoyo que me diste para culminar esta investigación.

A toda mi familia, por aquellos momentos felices y momentos de aflicción.

Marcelo

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa más de mi vida, agradezco a Dios por darme salud, fortaleza y por bendecirme con una maravillosa familia, gratitud a mis padres: Abrahan y Graciela que me aconsejan y me motivan para alcanzar mis anhelos, gracias a mi esposa Jenny por tus palabras, por tu amor, por la paciencia y confianza, siempre fuiste motivadora. Gracias Jon por haber logrado juntos nuestro gran objetivo con mucha perseverancia.

Gratificación a todas las personas que participaron directa e indirectamente en el desarrollo de este trabajo.

Marcelo Carvajal Jiménez

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con toda mi pasión a la memoria de mis padres Marco y Ruth. ¡Los amo!

Con todo mi amor para mis inspiraciones diarias, mi esposa Mónica y mis hijos Jon, Marco y Renata.

Con mucho cariño y humildad a mis padres políticos; a mis hermanos, familiares y amigos.

Jon

AGRADECIMIENTO

Al ser Supremo por permitirme existir.

Mi mayor gratitud a mis padres por forjar mi carácter, revelándome la guía para vencer los obstáculos y culminar los objetivos trazados.

Mi sublime agradecimiento a mi esposa e hijos por la paciencia, comprensión y apoyo incondicional, mientras duro este proyecto. ¡Lo logramos!

Mi sincero agradecimiento a mi familia, Marcelo, tutor, maestros, amigos y a cada una de las personas que de una u otra forma, colaboraron directa o indirectamente con la realización y culminación de este trabajo.

Jonatan Liger Vásquez

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quienes suscriben, declaran que asumen la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, septiembre 8 de 2021.



Marcelo Fabricio Carvajal Jiménez

C.C. 050284915-1



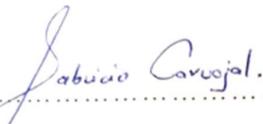
Jonatan Edmundo Liger Vásquez

C.C. 050221127-9

RENUNCIA DE DERECHOS

Quienes suscriben, ceden los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, septiembre 8 de 2021.


.....

Marcelo Fabricio Carvajal Jiménez

C.C. 050284915-1


.....

Jonatan Edmundo Liger Vásquez

C.C. 050221127-9

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Estudio de prospectiva para el sistema de iluminación tipo LED del estadio Municipal “La Cocha” – Latacunga, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, septiembre 16 de 2021.



Xavier Alfonso Proaño Maldonado, MSc.

C.C. 050265642-4

Presidente del tribunal

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Título: Estudio de prospectiva para el sistema de iluminación tipo LED del estadio Municipal “La Cocha” – Latacunga.

Autores:

Carvajal Jiménez Marcelo Fabricio
Liger Vásquez Jonatan Edmundo

Tutor:

Víctor Hugo Hidalgo PhD.

RESUMEN

La planeación en la etapa de diseño para la actualización o implementación de infraestructura tecnológica, debe abordar los cuatro vectores del cambio; estos son: sostenibilidad, inteligencia, innovación e industrialización.

La Industria 4.0 y uno de sus pilares, el fundamental Internet Industrial de las Cosas IIoT (Industrial Internet of Things), han desencadenado la convergente revolución digital en la industria, facilitando la evolución de lo análogo a lo digital. Actualmente los equipos y dispositivos están dotados para permitir la conexión e interacción con el protocolo de internet IP; es decir que, se interconectan vía red LAN, con base en el protocolo IP.

Gracias a esto, los equipos y dispositivos pueden ser gestionados inteligentemente, desarrollando innumerables posibilidades tecnológicas para control y comunicación local y remota de las plantas comercial e industrial, y en este caso, del sistema de iluminación del escenario deportivo.

Esto exige un estudio necesario para actualizar conocimientos tecnológicos y facilitar la integración e interacción con las redes LAN corporativa e industrial.

La correcta planeación y el adecuado diseño del sistema de iluminación inteligente del estadio municipal “La Cocha”; se orienta en, seguir normas y aplicar buenas prácticas que garanticen la prospectiva de la infraestructura digital y del cableado estructurado de cobre y fibra óptica, que serán parte del ecosistema tecnológico.

Esta es una realidad vigente que se puede tocar, diseñar y planear, en pocas palabras, hacia un mundo más eléctrico, conectado e inteligente.

PALABRAS CLAVE: Industria 4.0; IIoT; IP; LAN industrial.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
POSTGRADUATES MANAGEMENT
MASTER IN ELECTRICITY**

MENTION ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Topic: “Prospective study for the LED type lighting system from Municipal Stadium La Cocha–Latacunga”.

Authors:

Carvajal Jiménez Marcelo Fabricio
Liger Vásquez Jonatan Edmundo

Tutor:

Víctor Hugo Hidalgo PhD.

ABSTRACT

Planning into the design stage for technological infrastructure updating or implementing must deal with the four change vectors; these are: sustainability, intelligence, innovation and industrialization. Industry 4.0 and one its pillars, the Things IIoT fundamental Industrial Internet (Industrial Internet of Things), have triggered the convergent digital revolution into industry, by facilitating the analog to the digital evolution. At present, the equipment and devices are supplied to allow connection and interaction with the IP internet protocol; that is, they are interconnected LAN net via, based on the IP protocol. Thanks to this, the equipment and devices can be intelligently managed, by developing innumerable technological possibilities for local and remote control and communication of commercial and industrial plants, and in this case of the lighting system from sports stage. This demands a necessary study for updating technological knowledge and facilitate integration and interaction with corporate and industrial LAN networks. The correct planning and intelligent lighting system adequate design from municipal stadium La Cocha is oriented on following standards and applying good practices, which assure the digital infrastructure prospect and structured copper wiring and fiber optic that will be technological ecosystem part. This is a current reality, which can be touched, designed and planned, in a few words, towards a more electric, connected and intelligent world.

KEY WORDS: Industry 4.0, IIoT, IP, industrial LAN.

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes con cédula de identidad número:0502666514 Licenciado en: **Ciencias de la Educación Especialización Inglés** con número de registro de la SENESCYT: **1020-06-701921**; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“ESTUDIO DE PROSPECTIVA PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN TIPO LED DEL ESTADIO MUNICIPAL LA COCHA–LATACUNGA”**. de: **Carvajal Jiménez Marcelo Fabricio y Liger Vásquez Jonatan Edmundo**, aspirantes a Magíster en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia



Firmado electrónicamente por:
MARCO PAUL BELTRAN SEMBLANTES



Latacunga, Septiembre, 2021

CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

CI:0502666514

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Planteamiento del problema	3
Formulación del problema	3
Objetivo General:	4
Objetivos específicos:	4
Justificación:	5
Hipótesis:	6
CAPÍTULO I	8
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA	8
1.1. Antecedentes de la investigación	8
1.2. Fundamentación teórica	10
1.2.1. La electroluminiscencia	10
1.2.2. Magnitudes fundamentales	10
1.2.3. Recomendaciones técnicas y requisitos estadios de fútbol	12
1.2.4. Estándares y organismos de normalización	13
1.2.5. Iluminación profesional de estadios fútbol	14
1.2.6. Arquitectura de comunicación y control	16
1.2.7. Equipos de maniobra y control	19
1.2.8. Estudio estructural	21
1.2.9. Transformador de energía eléctrica	21
1.2.10. Grupo electrógeno	22

1.2.11.	Protecciones atmosféricas	22
1.2.12.	Luz baliza en torres	23
1.2.13.	Software de aplicación	24
1.2.14.	Análisis para levantamiento de carga y demanda total de energía	25
1.3.	Fundamentación metodológica	27
1.3.1.	Enfoque	27
1.3.2.	Tipo de investigación	27
1.3.3.	Técnicas de recolección de información	27
1.4.	Conclusiones Capítulo I	28
CAPÍTULO II		30
2.	PROPUESTA	30
2.1.	Título del proyecto	30
2.2.	Objetivo del proyecto	30
2.3.	Descripción de la propuesta	30
2.4.	Metodología o procedimiento	33
2.4.1.	Selección de arquitectura para control y comunicación	34
2.4.2.	Descripción del sistema de iluminación instalado	35
2.4.3.	Procedimiento para accionamiento normal del sistema de iluminación	45
2.4.4.	Estado de los equipos, dispositivos y mecanismos eléctricos del sistema	47

2.4.5.	Modelamiento lumínico del sistema instalado	48
2.4.6.	Levantamiento de la carga y demanda existente de los transformadores.....	52
2.4.7.	Diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED.....	54
2.4.8.	Escenarios de modelamientos lumínicos	56
2.4.9.	Diseño del sistema eléctrico normal.....	67
2.4.10.	Cálculo de la carga del sistema eléctrico diseñado	75
2.4.11.	Diseño del sistema de respaldo de energía eléctrica	77
2.4.12.	Sistema de protecciones atmosféricas	82
2.4.13.	Arquitectura para comunicación y control.....	86
2.4.14.	Cableado y conexión del sistema de comunicación y control ..	88
2.5.	Presupuesto	92
2.6.	Conclusiones capítulo II.....	96
CAPÍTULO III.....		98
3.	VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	98
3.1.	Análisis de los resultados	98
3.1.1.	Resultados sobre la arquitectura para control y comunicación	98
3.1.2.	Resultados sobre la descripción del sistema de iluminación instalado	98
3.1.3.	Resultados del diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED	99

3.2.	Evaluación de expertos.....	100
3.3.	Evaluación de impacto tecnológico	101
3.4.	Validación técnica.....	102
3.5.	Conclusiones capítulo III	102
3.6.	Conclusiones generales.....	103
3.7.	Recomendaciones.....	104
3.8.	Referencias bibliográficas.....	105
3.9.	Anexos.....	109

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se pretende desarrollar un estudio enfocado a un sistema de iluminación tipo LED y control inteligente, que permitirá, modernizar el sistema de iluminación del estadio Municipal “La Cocha”, obteniendo eficiencia energética, que será alcanzada mediante medidas enfocadas al cambio de tecnologías.

El estadio Municipal “La Cocha”, está ubicado en la avenida Luis de Anda y calle Panzaleo, de la ciudad de Latacunga a 2782 metros sobre el nivel del mar [1]. Tiene una capacidad para acoger a 16000 espectadores, es sede de distintos eventos deportivos a nivel provincial y local, así como escenario para varios eventos de tipo cultural.

La tecnología en la industria ha recorrido un largo camino en las últimas décadas, con numerosos avances innovadores, revolucionando tecnológicamente la fabricación de bienes; paralelo a esto, la búsqueda de la eficiencia energética es una regla en diversas áreas alrededor del mundo, tan discutida y necesaria en los últimos tiempos.

Eficiencia y modernidad permiten un mayor retorno de la inversión; a través de equipos más eficientes. Los avances tecnológicos son evidentes y una realidad presente, alineados fielmente con la eficiencia y convergiendo en modernidad sostenible, aportando optimización a los procesos industriales, sistemas y equipos.

La tecnología LED está relacionada con la dirección de desarrollo técnico, económico y social del presente siglo, son la última revolución tecnológica en el ámbito de la iluminación, efecto que se debe a las importantes y evidentes ventajas que ofrece respecto a la iluminación convencional, en términos de mayor vida útil, menor mantenimiento y mayor eficacia, entre otras características, desencadenando en modernidad.

La evolución de la iluminación LED es exponencial en la actualidad, gracias a la revolución de los equipos de control y comunicación; todo esto es ampliamente graduable, logrando ser utilizado en domicilios, centros comerciales, automóviles, industrias, áreas públicas hasta escenarios deportivos.

Una forma de lograr los objetivos de eficiencia, productividad e innovación, es a través de la aplicación práctica, sistemática y convergente de las tecnologías actualmente disponibles y cada vez más accesibles, que permiten disminuir el consumo energético.

De acuerdo a la Dirección Nacional de Eficiencia Energética del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), la eficiencia energética es realizar un aprovechamiento óptimo de la energía, sin que ello implique el renunciar a la calidad de vida, sino obtener los mismos bienes, servicios y realizar las mismas actividades sin desperdiciarla.

El diseñar un sistema de iluminación inteligente, va más allá de dar luz al entorno del estadio. El sistema de iluminación inteligente ahorrará tiempo, electricidad y brindará un mayor confort que, acompañado de un sin número de ventajas, optimizará el estilo lumínico del escenario.

La comunicación y la resolución de los conflictos son aspectos que se optimizarán gracias a la cuarta revolución industrial (Industria 4.0), la cual involucra los equipos o dispositivos inteligentes, el internet, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), desarrolladas por el ser humano en la tercera revolución industrial para su propio beneficio ante cualquier dificultad.

La escalabilidad, flexibilidad, rendimiento y fácil administración convirtió a esta tecnología en la primera opción, como infraestructura para control y comunicación para el estudio de prospectiva para el sistema de iluminación inteligente tipo LED del estadio Municipal “La Cocha”

Antecedentes

La maestría de electricidad mencionó sistemas eléctricos de potencia, tiene como línea de investigación: energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental. Esta tesis está enfocada en la conversión y uso racional de la energía, que utiliza temáticas de auditoría energética, eficiencia energética y desarrollo sostenible, relacionados con el estudio de prospectiva tecnológica del sistema de iluminación inteligente tipo LED.

Planteamiento del problema

Los deportistas deben practicar su disciplina en un entorno con iluminación artificial visualmente agradable, que resalte su talento; los espectadores merecen disfrutar de una emocionante experiencia en vivo desde cualquier punto de vista. Las imágenes del espectáculo deben transmitirse con calidad visual, para crear una experiencia fascinante para los televidentes.

El estadio Municipal “La Cocha“ posee cuatro torres auto soportadas de estructura metálica, cada una con una altura de 30 metros desde el nivel del campo de juego hasta la cumbre, cada torre tiene montadas 36 luminarias de tipo halogenuros metálicos de 2000 vatios de potencia, alimentadas a 380 VAC; adicional, existen 22 luminarias con la misma tecnología de 400 vatios de potencia y 16 luminarias de 1000 vatios de potencia, alimentadas a 210 VAC, distribuidas entre palco, corredores y accesos al escenario deportivo.

Actualmente, varias lámparas están fuera de servicio, provocando que el sistema de iluminación se encuentre funcionando parcialmente; esto debido a que, los fabricantes han discontinuado la producción de estas lámparas, dificultando el reemplazo de las averiadas. La ineficiencia de estas luminarias, está relacionada al excesivo desperdicio de energía, que al tener mayor consumo energético se traduce en un elevado costo económico.

Como problemas añadidos al principal, el sistema de iluminación no dispone de sistema de respaldo de energía; no dispone de protecciones atmosféricas y no dispone de balizamiento preventivo para las torres; pese a que, el estadio se encuentra junto a la pista del activo aeropuerto de carga “Cotopaxi”.

Formulación del problema

El problema principal del sistema de iluminación, es por la falta de repuestos y la ineficiencia energética de las luminarias; a este problema se suman, la ausencia del sistema de respaldo de energía, ausencia de protecciones atmosféricas y la ausencia de balizamiento preventivo para las torres.

Estos indicadores, anuncian que progresivamente el sistema de iluminación, dejara de funcionar e inevitablemente, se requerirá la implementación de un nuevo sistema de iluminación, el cual contemple la corrección de los problemas existentes.

Objetivo General:

Realizar el estudio de prospectiva del sistema de iluminación inteligente tipo LED, a través de la aplicación práctica, sistemática y convergente de las tecnologías actualmente disponibles, para converger en un sistema sostenible, eficiente, productivo e innovador.

Objetivos específicos:

- Compilar información integra actualizada referente a sistemas de iluminación y control inteligente, para analizarla minuciosamente.
- Evaluar el sistema de iluminación artificial existente del estadio Municipal “La Cocha”.
- Diseñar el sistema de iluminación inteligente tipo LED, para el estadio Municipal “La Cocha”, el cual contemple los subsistemas para respaldo de energía, protecciones atmosféricas e iluminación de balizamiento preventivo para las torres.

TABLA I. SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1	Revisión de información referente a escenarios deportivos con iluminación tipo LED	Referenciación de datos	Investigación científica
	Estudio de luminarias de última tecnología inteligente tipo LED	Identificación del tipo de luminarias acordes a la tecnología y estándares vigentes	Investigación científica y lectura puntual
	Estudio de sistemas de control inteligente	Identificación del sistema de control inteligente	Investigación científica y lectura puntual
2	Verificación de componentes eléctricos, levantamiento de diagramas unifilares y levantamiento de la carga	Estado de los equipos y materiales del sistema eléctrico existente.	Trabajo en situ
		Cuantificación de equipos y materiales del sistema eléctrico.	Uso obligatorio de equipo de protección personal referente a la tarea
		Diagramas unifilares de media y baja tensión, fuerza y control	Uso de equipo electrónico para medición
		Cálculo de la carga existente	

	Determinación de los componentes eléctricos en buen y mal estado del sistema de iluminación existente.	Componentes que se pueden reutilizar.	Trabajo in situ Herramienta menor Uso de equipos de medición.
	Diseño del control inteligente del sistema automatizado de iluminación.	Cantidad de equipos y materiales para aparallaje de control. Equipos electrónicos, materiales y protocolos de comunicación para control automatizado.	Automatización basada en PC.
	Balizamiento nocturno preventivo para torres	Equipos y materiales para balizamiento	Normativa FAA
3		Grupo electrógeno.	Dimensionamiento de grupo electrógeno.
	Diseño del sistema inteligente de respaldo de energía eléctrica.	Equipos y materiales para aparallaje de control auxiliar.	Diseño de tablero de transferencia automática.
		Equipo electrónico para control automatizado del grupo electrógeno.	Dimensionamiento de acometida eléctrica hacia el tablero principal de distribución.
	Protecciones atmosféricas.	Equipos y materiales para: pararrayos, electrodos activos y dispositivos para protecciones contra Transientes	Determinar el tipo de protecciones atmosféricas.

Justificación:

Este estudio tiene como finalidad desarrollar el diseño de un sistema de iluminación inteligente tipo LED, para el estadio Municipal “La Cocha”, el cual permitirá adoptar la decisión acertada, para la implementación próxima del nuevo sistema de iluminación. Este permitirá obtener eficiencia, eficacia y seguridad energética, a través de equipos tecnológicos vigentes e inteligentes sistemas para comunicación, control y respaldo de energía.

El reemplazo y modernización de los dispositivos de iluminación, son importantes y necesarios para conseguir eficiencia energética, teniendo en cuenta que, un alto porcentaje del ahorro de energía se logra gracias al control automatizado inteligente.

Un estudio lumínico planificado da como resultado un sistema eficiente, enfocado en la implementación tecnológica LED y control inteligente; alcanzando un sistema de iluminación artificial práctico, con un consumo óptimo de energía, obteniendo ahorros significativos.

Los sistemas de iluminación tipo LED dedicados para escenarios deportivos, entregan toda la potencia y conectividad de la iluminación de estado sólido; resaltando vívidamente el espectáculo y diseñados para ofrecer un rendimiento superior y una eficiencia inigualable, con visión de futuro, que funciona en paralelo con una tendencia hacia la sostenibilidad, la capacidad de control, la flexibilidad y la visibilidad superior.

Para alcanzar lo propuesto se aplicarán tecnologías de la cuarta revolución industrial inteligente (Industria 4.0), específicamente el Internet Industrial de las cosas IIoT (Industrial Internet of Things) para la conectividad - control y el Internet de las Luces IoL (Internet of Light) por su versatilidad, innovación y ahorro energético.

Este tipo de sistemas de iluminación, forman un ecosistema lumínico controlable con una arquitectura escalable con protocolos de comunicación, para obtener un control avanzado, práctico, sofisticado y amigable; permitiendo múltiples funcionalidades como son: confort lumínico, aprovechamiento de espacios, control dimerizable, diagnóstico y administración remota, ahorros significativos por costos de mantenimiento, interface personalizada para diferentes tipos de eventos, establecer un ajuste de alta gama de los niveles de la luz que son más altos de lo necesario e iluminación dinámica flexible y rápida.

La iluminación tipo LED ilumina toda el área del juego, con el mejor grado de confort visual para el ojo humano, permitiendo que las cámaras de video capturen colores vivos, imágenes nítidas y movimientos rápidos.

Al disponer el estadio de un sistema de iluminación inteligente, será atractivo y tentador para los equipos de fútbol profesional del país, también para los eventos de otras disciplinas deportivas y para actos culturales, generando beneficios para el cantón y la provincia, ya que esto atraerá a la población local y nacional.

Hipótesis:

El estudio de prospectiva del sistema de iluminación inteligente, permitirá diseñar un sistema de iluminación profesional con luminarias tipo LED, controladas por drivers gestionables IoT, los cuales serán parte de un ecosistema de conexión y

control digital. Esta innovación tecnológica es la adecuada, para solucionar los problemas de iluminación y pérdidas de energía existentes.

La innovación tecnológica, permitirá: conseguir un entorno lumínico enriquecido y acogedor, modificar la percepción de los ambientes deportivos según preferencias, disminuir y optimizar el tiempo para la puesta en marcha del sistema; así como, de sus diferentes interactivos ambientes preconfigurados.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA

1.1. Antecedentes de la investigación

La prospectiva tecnológica es conocida como el proceso sistemático, que se encarga de analizar el presente y las posibilidades futuras del progreso tecnológico y científico, con el propósito de seleccionar que tipo de tecnologías y estrategias de investigación, ayuden alcanzar un alto grado de posibles beneficios sociales y económicos. En efecto, la prospectiva tecnológica es una serie de técnicas y estrategias que permiten la toma de decisiones a futuro, sin que estas cambien su tecnología y se vuelvan obsoletas. Existen diversos criterios ver [2] y [3].

En Sudamérica los hinchas del fútbol tienen una pasión extraordinaria, ya que esta despierta fuertes emociones, el ambiente de los partidos es sorprendente, cada escenario deportivo tiene tradiciones e historias muy emotivas, así como su llamativa infraestructura. Cada escenario deportivo utilizado para encuentros de fútbol profesional, debe cumplir requerimientos técnicos específicos a nivel mundial, normados por la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA) [4]; en América del sur por la Confederación Sudamericana de Fútbol (Conmebol) [5] y en Ecuador por la Federación Ecuatoriana de Fútbol (FEF) [6].

La iluminación es un factor primordial en la estructura del escenario deportivo, y debe cumplir recomendaciones [7], propios que los diferencian de la industria, hogares y alumbrado público. A su vez, esas exigencias varían dentro de la misma

cancha, teniendo en cuenta si el evento es retransmitido por televisión o no y si este es de forma nacional o internacional.

En realidad, la FIFA hace hincapié en que el sistema de iluminación que se instale en los escenarios deportivos, debe cumplir con los requisitos de los medios de comunicación, los jugadores, y sobre todo brindar confort visual para los espectadores, permitiéndoles disfrutar del espectáculo, todo esto sin contaminar lumínicamente el entorno. En la actualidad, existen diferentes escenarios deportivos con un sistema de iluminación tipo LED y cada vez son más los estadios de fútbol que renuevan su iluminación [8].

Para elegir el tipo de iluminación deportiva que se va a instalar para iluminar el campo de juego, no hay que centrarse solamente en una solución que resuelva problemas a corto plazo, se debe aspirar a mejorar calidad visual futura del terreno de juego para los partidos que se disputen, así como asegurarse que los gastos y costos de mantenimiento estén siempre dentro de un presupuesto accesible.

Para comprender cómo se genera la luz artificial, es importante entender dos procesos independientes. El primero ocurre antes de que la electricidad alcance la luminaria led y puede ser considerado como un proceso de consumo de potencia, el segundo tiene lugar un poco después, con la proyección de la luz.

El consumo de potencia es el porcentaje de energía que no es desperdiciado y que es fundamental para encender la luminaria. En las luminarias convencionales, hasta un 80% de la energía se desperdicia durante el proceso de potencia. Con la tecnología LED, la energía desperdiciada es inferior al 10%, por lo que la iluminación LED deportiva requerirá mucha menor energía eléctrica que alcanzará y superará la proyección de luz, en comparación a las luminarias halógenas para el alumbrado de estadios.

El proceso de iluminación es la segunda fase, una vez la luminaria se ha encendido, necesita proyectar la luz al suelo con gran intensidad. Aquí es donde es muy importante distinguir entre lo que es la luminosidad con la eficiencia.

1.2. Fundamentación teórica

A continuación, se describen los aspectos teóricos y conceptuales de la investigación, las explicaciones y las definiciones; así como, las normativas a utilizarse para el desarrollo de este estudio.

1.2.1. La electroluminiscencia

En la actualidad es utilizada más de lo común ya que es un fenómeno óptico y eléctrico; en el cual, se genera luz a partir de una corriente eléctrica [9]. Es un fenómeno muy diferente al de la incandescencia, en la que hay emisiones de luz debido a la presencia de energía en forma de calor, este fenómeno aplicable es usado en varios emisores de luz como los LED.

1.2.2. Magnitudes fundamentales

La luz es una forma de energía y su unidad de medida es el Joules (J), en [10] manifiesta que no toda luz emitida por una fuente produce sensación luminosa, ni toda energía que consume se convierte en luz, para poder medir la radiación a la que es sensible el ojo humano, es necesario definir magnitudes:

Flujo luminoso: es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, su unidad de medida es el lumen (lm) [10].

Intensidad luminosa: es la cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido, su unidad de medida es la candela (cd) [10].

Illuminancia: es el flujo luminoso recibido por una superficie, su unidad de medida es el lux (lx) ó $\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2$ [10].

Luminancia: es el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo ver en [10], tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz, su unidad de medida es la candela/ m^2 (cd/m^2) [10].

Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa: es el cociente entre el flujo luminoso producido por la lámpara y la potencia eléctrica consumida, que bien definida con las características de las lámparas, su unidad de medida es lumen/watio (lm/watt) [10].

Uniformidad de luminancia: las variaciones entre luz y sombra son una molestia tanto para jugadores como para espectadores. Por tanto, uniformidad de la iluminancia requiere una especial atención en el plano horizontal. La uniformidad se expresa como una relación: la inferior respecto a la iluminación media [10].

Deslumbramiento: es la pérdida momentánea de la visión producida por la iluminancia dentro del campo visual que es superior a la iluminancia a la que está acostumbrado el ojo humano o resplandor muy intenso, por tanto, provoca incomodidad visual. En [11] manifiesta que para aplicaciones en exteriores se expresa como índice de deslumbramiento (GR) en el intervalo de 0 a 100. La medida precisa del deslumbramiento es una cuestión debatida y aunque hay métodos oficiales para calcular el deslumbramiento en deportes al aire libre, se recomienda adoptar un enfoque de sentido común respecto al posicionamiento de las luminarias de lineamiento.

Efecto sombra: es el que se observa con relación a un objeto o persona en cualquier parte que exista iluminación artificial, en el escenario deportivo depende la ubicación de las fuentes lumínicas, que por lo general estas se ubican en las esquinas del campo de juego. En la actualidad esto se corrige con una iluminación más homogénea, ya que las luminarias o proyectores se ubican alrededor del estadio generando una alfombra de luz, donde se evita sombras, obteniendo comodidad visual [11].

Temperatura del color: la luz artificial de las lámparas crea distintas impresiones de color que abarcan desde el frío del mercurio, a la calidez del sodio a alta presión. La temperatura del color se mide en Kelvin (K), que abarcan desde un mínimo de 2000 K, para áreas de entrenamiento y de 4000 K para áreas de competición. La transmisión por televisión en color exige una temperatura de color notablemente superior de 5500 K [11].

Iluminación horizontal: la iluminación horizontal E_h es una medida de iluminación que está referida al plano horizontal; en este caso son las medidas registradas sobre la cancha. Estos niveles de iluminación determinan el estado de adaptación del ojo del observador y constituye el fondo visual sobre el cual se desarrollan las acciones, en este plano horizontal es necesario alcanzar un nivel de

iluminación uniforme óptimo, así como un valor de iluminación media E_m . Para medir este tipo de iluminancia se requiere trazar una rejilla de 10m x 10m sobre el terreno de juego, dicha rejilla es distribuida uniformemente como base para recopilar estas mediciones y calcular la iluminación máxima – mínima – media del campo de juego [11].

Iluminación vertical: la iluminancia vertical (E_v) a nivel de campo es la cantidad de iluminación que recibe la superficie vertical de los jugadores a una altura de 1.5m sobre la superficie del terreno de juego. Esta iluminación ayuda a presentar detalles del primer plano de los jugadores (particularmente sus rostros), por lo que los valores de iluminación en los planos verticales influyen mucho en la calidad de las transmisiones de TV. Dichos valores también influyen en la correcta visión del balón cuando este alcanza diferentes alturas en el terreno de juego; las iluminancias verticales se consideran únicamente cuando se tiene una participación de los medios de comunicación audiovisuales [11].

1.2.3. Recomendaciones técnicas y requisitos estadios de fútbol

Es el conjunto de documentos que contienen especificaciones técnicas, sean nacionales o internacionales, que rigen, administran y regulan el proceder de una organización o el operar de una persona alcanzado calidad y ergonomía.

FIFA: la Federación Internacional de Fútbol Asociación, es la encargada de modificar y hacer cumplir las reglas de juego a nivel del mundo, así como también los requerimientos y especificaciones técnicas para ser avalados en una competición a nivel internacional. En [4], detalla los parámetros a cumplir cuando se desea realizar un sistema de iluminación a un escenario deportivo.

CONMEBOL: la Confederación Sudamericana de Fútbol, es la encargada de hacer cumplir los estatutos y reglamentos de la FIFA en América del sur; además, de aplicar sanciones y medidas disciplinarias a los integrantes de la confederación. En [5], muestra los reglamentos y requerimientos establecidos para la realización de un evento deportivo a nivel internacional en Sudamérica.

FEF: la Federación Ecuatoriana de Fútbol, es la encargada de hacer cumplir el reglamento de normas de carácter general para el desarrollo de campeonatos de fútbol profesional y de divisiones formativas del país. En [6], muestra el reglamento

de calificación, administración y seguridad de los escenarios para la práctica de fútbol profesional según recomendaciones de la FIFA.

1.2.4. Estándares y organismos de normalización

Un estándar es un conjunto de normas, acuerdos y recomendaciones técnicas, para regulación nacional e internacional. La figura 1, muestra la jerarquía a nivel mundial de las normas, la organización mundial de comercio (OMC) exige ISO a países dentro del TLCs.

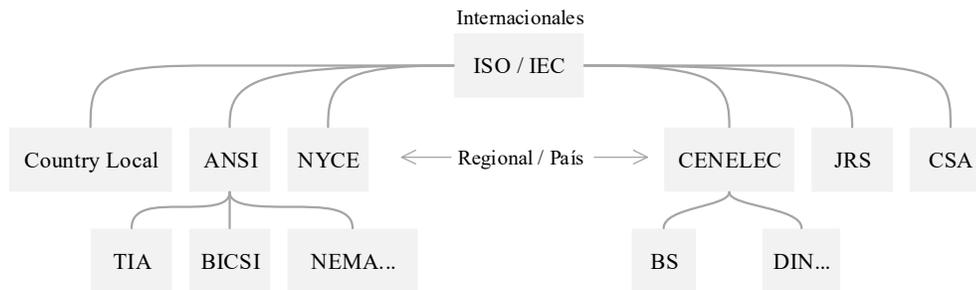


Fig. 1. Diagrama de jerarquía de los Organismos Internacionales

Fuente: [12]

ISO: la Organización Internacional para la Normalización, ha definido multitud de estándares de diferentes temáticas, que van desde el paso de los tornillos hasta arquitectura de comunicaciones para la interconexión de sistemas abiertos (OSI). Se fundó en 1946 y actualmente reúne a más de 100 países [13].

IEC: la Comisión Electrotécnica Internacional es una organización líder, agente en elaborar y publicar Normas internacionales para las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines. En [14] y [13], resalta el objetivo de ofrecer una prueba, una certificación mundial y una marca para cada producto o sistema; así como el uso y referencia en la reglamentación técnica.

ANSI: el American National Standards Institute, es el encargado de supervisar las normas y las actividades de evaluación de la conformidad en los estados unidos, teniendo como misión el mejorar la competitividad global de las empresas como la calidad de vida de los Estados Unidos [15].

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es una organización técnica profesional mundial dedicada a desarrollar estándares líderes en la industria

y a promover la tecnología en beneficio de la humanidad. En [16], muestra los estándares de un área de trabajo específico.

DIN: Instituto Alemán de Normalización, es una institución que se dedica a la normalización y desarrollo de comercios, así como en la fabricación de productos industriales alemanes garantizando calidad seguridad y consumo. Las normas DIN han llamado la atención sobre regulaciones de otros organismos de normalización internacionales [17].

VDE: Federación Alemana de Industrias Electrotécnicas, Electrónicas y de Tecnología de la Información, es una organización que ejecuta normativas brindando recomendaciones en el área de electrónica y en productos de infraestructura eléctrica. Al tener esta normativa en un producto se garantiza calidad de funcionamiento y seguridad [18].

TIA: La Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones, está formada por representantes de las industrias más importantes del sector de las telecomunicaciones y que ha desarrollado también numerosos estándares a nivel internacional, relacionados con el mundo de la red en colaboración con ANSI y la antigua EIA [19].

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, es la entidad encargada de regular y controlar las actividades del sector eléctrico del Ecuador [20].

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción – Instalaciones Eléctricas, la NEC es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y debe ser considerada en todos los procesos constructivos [20].

1.2.5. Iluminación profesional de estadios fútbol

Para poder seleccionar el tipo de iluminación profesional de un estadio de fútbol, se debe tener en cuenta los requerimientos y necesidades de la FIFA y la COMEBOL; así como, de los deportistas y espectadores.

Las exigencias en las instalaciones, varían según el tipo de deporte o actividad que se desarrollan en el escenario. En la cuarta revolución industrial (Industria 4.0) existen diferentes caminos tecnológicos; para este caso, se empleará el internet industrial de las cosas (IIoT).

Industria 4.0: la cuarta revolución industrial está marcada por la aparición de nuevas tecnologías como: la inteligencia artificial, la nanotecnología, el IoT, etc. Esta revolución está comprometida en combinar estas tecnologías, con el intento y el comienzo de una realidad digital que no solo estaría interconectada, sino que también, podrá comunicarse, analizar y utilizar datos para impulsar más inteligencia en el mundo físico. En [21], realiza un análisis de como la combinación de las diversas tecnologías inciden en las operaciones comerciales, en la fuerza laboral y en la sociedad.

Iluminación de estado sólido: es un tipo de iluminación en la que se emplean específicamente diodos LED de alta y baja luminosidad según el requerimiento, están fabricados por semiconductores de estado sólido y fósforos conversores, consiguiendo luz con menor calentamiento y mayor porcentaje de eficiencia en la conversión de la energía eléctrica. La iluminación de estado sólido está revolucionando a la industria, esta tecnología permite fabricar dispositivos de mayor resistencia y fiabilidad en diversas condiciones de operación, lo que representa numerosas ventajas en los sistemas de iluminación[11].

Reflector ArenaVisión: luminaria que brinda una solución innovadora para iluminación deportiva, este soporta los últimos estándares de transmisión de TV, evita el efecto de “flickering” o parpadeo gracias a sus componentes de estado sólido. Cuenta con un sistema de control inteligente y proporciona una calidad de luz extraordinaria, una buena gestión térmica y una vida útil prolongada [22].

Driver de control para la luminaria: este dispositivo es el más importante en el funcionamiento del sistema de iluminación inteligente, la versatilidad del voltaje de alimentación multirango y de precisión, permite proteger al dispositivo contra sobretensiones, dispone de puertos para interconexión digital IoT [22].

Internet de las cosas (IoT): es la tecnología capaz de convertir cualquier tipo de objeto en inteligente, concediéndole una identidad propia, así como la capacidad de comunicarse e interactuar con otros objetos. Un requisito fundamental del IoT es que los elementos sean parte de una red de datos, e interactúen mediante protocolos de comunicación, esta debe garantizar las operaciones del IoT y conectar los mundos físico y virtual. En [23], muestra la arquitectura utilizada, que contiene

comunicación, redes, modelos, procesos comerciales y seguridad; así como también la extensibilidad, escalabilidad e interoperabilidad entre los dispositivos. El internet de las luces (IoL), es la tecnología del IoT dedicada a iluminación inteligente, conectada de manera digital que puede interconectarse entre sí, que permite modificar la percepción de los ambientes según preferencias.

1.2.6. Arquitectura de comunicación y control

FTTH: Fibra hasta el hogar, tecnología de telecomunicación que, mediante el cable de fibra óptica, establece un sistema para el intercambio de datos o servicios de internet [24].

OLT: Terminal de Línea Óptica, es un elemento que contiene un módulo de conmutación, un módulo de enlace y protecciones de redundancia, del que parte las fibras ópticas (operador) hacia los usuarios [24].

ONU: Unidad de Red Óptica, esta unidad es la encargada de convertir las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. Además, puede añadir, enviar y procesar diferentes tipos de datos [24].

ODN: Red de distribución óptica, es el medio de transmisión para la conexión física, contiene cables de fibra óptica, conectores de fibra óptica, divisores ópticos, dando confiabilidad y la escalabilidad a la red [24].

ODF: el Distribuidor de Fibra Óptica también conocido como Repetidor Óptico Modular ROM, facilita la integración e interconexión de la fibra, mejora la organización y mantenimiento, permite derivaciones de cables de fibra óptica [24].

Fibra óptica: es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce fotones, usada para transmitir información en forma de pulsos de luz [25]:

Multimodo om4: este tipo de fibra está basado en equipos LED, es utilizada en comunicación por su alta capacidad y confiabilidad. Este cable es ideal para instalaciones mixtas a cortas distancias, para interiores o exteriores, adecuado recubrimiento de protección para conductos o bandejas [25].

Monomodo: este tipo de fibra está basado en equipos de diodos láser de estado sólido, es utilizada normalmente para su transmisión a largas distancias [25].

Patch cord de cobre: es un accesorio corto, utilizado para una interfaz entre dispositivos digitales y así obtener una mejor distribución en el espacio de trabajo [26].

Pigtail: es un cable de fibra óptica con un conector en el extremo, que permite una interfaz con dispositivos o componentes. El otro extremo se puede integrar mediante empalme mecánico o fusión, en cajas terminales o en cajas de distribución [27].

Cable F/UTP: es un cable de par trenzados, blindado. El calibre del conductor de cobre es 23 AWG, contiene un divisor dieléctrico y un conductor de drenaje para descargas a tierra cuando el sistema presenta ruidos. En [26], muestra la especificación técnica del cable.

Daisy Chain: conexión en cadena, es un método de conexión utilizado en electrónica y electricidad, facilitando la conexión de fuentes de potencia, señales analógicas o señales digitales [27].

Dispositivos PoE+: es una mejora a Power over Ethernet (PoE), con la característica que tiene retrocompatibilidad con el estándar y una potencia máxima de salida de 30 Watts, esta tecnología separa la necesidad de utilizar toma de corriente en los dispositivos y de manera más sencilla los sistemas de alimentación se vuelven ininterrumpidos, esto para garantizar un funcionamiento las 24 horas del día [27].

Swicht capa 2 PoE+: se basa en los estándares IEEE 802.3 [19]. Es una tecnología que permite la interconexión de equipos dentro de una misma red; adicional, permite suministrar alimentación eléctrica a dispositivos, es decir mediante el cable de una red Ethernet recibirá datos y alimentación.

Router: o enrutador, es el encargado de recibir y enviar datos en redes informáticas. Dependiendo de su característica, este puede combinar funciones de módems o switch y a la vez poder conectarse con estos componentes para mejorar el acceso a internet o crear redes. Los routers también pueden proporcionar seguridad. En [28], muestra concretamente los tipos de routers y sus aplicaciones.

Firewall: es un hardware o software encargado de la seguridad de la red, este monitorea el tránsito de datos sea entrada o salida, decidiendo si permite o bloquea la transferencia de datos en función de un conjunto definido de reglas de seguridad. En [29], existen diferentes tipos de firewalls.

Gateway: puerta de Enlace, es el elemento de comunicación más importante en un sistema, ya que es el medio de interfaz que procesa protocolos y arquitecturas diferentes, utilizado entre dispositivos para compartir recursos que a su vez obtengan una identidad propia [30].

Protocolos de comunicación

Es el conjunto de reglas que deben cumplir todos los dispositivos del sistema incluyendo los softwares, para la comunicación y transferencia de datos.

Modelo OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos, es el modelo descriptivo propuesto por la ISO, el modelo OSI establece una arquitectura jerárquica estructurada en 7 capas. La idea es descomponer el proceso complejo de la comunicación en varios problemas más sencillos y asignar a dichos problemas a las distintas capas, de forma que una capa no tenga que preocuparse por lo que hacen las demás. Según la estructura jerárquica; cada capa realiza servicios para la capa inmediatamente superior, a la que devuelve los resultados obtenidos y a su vez demanda servicios a la capa inmediatamente inferior [31].

Protocolo TCP/IP: es el Protocolo de Control de Transmisión, que permite establecer una conexión para el intercambio de datos entre dos anfitriones. IP es el Protocolo de Internet que utiliza direcciones, series de cuatro octetos con formato de punto decimal. El modelo TCP/IP permite un intercambio de datos fiables dentro de una red, definiendo los pasos a seguir desde que se envían los datos (en paquetes) hasta que son recibidos [30].

DALI: Digital Addressable Lighting Interface, es un protocolo de comunicación basado en la norma IEC 62386, empleado en estudios de iluminación inteligente en edificios y garantiza una interoperabilidad entre dispositivos de control de luces individuales o grupos de luces. En [32], detalla los múltiples beneficios y ventajas que DALI brinda a los sistemas de iluminación.

DMX512-A: digital multiplex, es un estándar de la serie de comunicación digital unidireccional, creado específicamente para el control de dispositivos de iluminación, emplea una topología de bus multipunto de tipo maestro – esclavo de nodos cercanos. Los controladores DMX permiten el control y programación de diferentes equipos, estos pueden ser interfaces de computadoras conectadas a la red DMX o mesas de control de luces. Además, define niveles altos de protección eléctrica para la conexión de datos que se beneficiará al reducir el potencial de daños por electricidad estática o rayos [33].

RDM: la Administración Remota de Dispositivos, permite la comunicación bidireccional a través del cable DMX512, desde la consola a los atenuadores o lámparas [33].

sACN: el protocolo sACN o Streaming – ACN es del estándar American National Standard Institute (ANSI E1.31-2016). Este está diseñado principalmente para trasladar datos DMX de código de inicio cero a través de una red estructurada de una manera que sea compatible con el estándar ACN completo (ANSI E1.17-2010) [33].

Art-Net: es un protocolo de red de dominio público desarrollado por Artistic License. Está diseñado para transportar paquetes DMX512 y RDM a través de una red [33].

MIDI: Interfaz Digital de Instrumento Musical, este protocolo es muy utilizado para la comunicación entre instrumentos musicales, en la actualidad es utilizado ampliamente en el control remoto y la sincronización en la industria del entretenimiento. Los datos se transfieren como información en serie asíncrona a una velocidad en baudios de 31.25 Kbaudios. En [33], detalla cómo es la comunicación y operabilidad del protocolo.

1.2.7. Equipos de maniobra y control

Aparatos eléctricos y electrónicos que cumplen funciones específicas en un sistema eléctrico o de control.

Aparellaje: es el conjunto de aparatos eléctricos que garantizan una protección eléctrica al sistema total o equipos eléctricos – electrónicos.

Contactador: es un dispositivo eléctrico fundamental en un circuito eléctrico que permite efectuar maniobras a distancia [34].

Disyuntor: es un dispositivo eléctrico de seguridad, su función principal es cuando un cableado eléctrico tiene demasiada corriente este elemento corta el fluido. En [35], muestra una publicación de los diferentes tipos de disyuntores.

Cable para control y fuerza: los cables son una pieza fundamental en todos los proyectos eléctricos, son utilizados en su mayoría para suministrar energía eléctrica en baja y alta tensión [36].

Bornera para riel din: dispositivo de conexión, facilita la conexión de todos los elementos del tablero eléctrico, teniendo una mejor operabilidad y acceso para instrumentos de medición. En [37], muestra los diferentes tipos de bornes para el tipo de instalación a realizar.

Terminal de conexión: también conocidos como conectores eléctricos, son utilizados para hacer conexiones entre cables y componentes de un tablero eléctrico facilitando el armado, estos son de diferentes modelos y tipos de aislante según el requerimiento.

Selector: es un dispositivo utilizado para control eléctrico, este se opera de forma manual rotando a posiciones definidas para interrumpir o dar paso al fluido eléctrico [38].

Luz piloto: es un dispositivo lumínico que nos indica el normal funcionamiento de un sistema o que el sistema presenta ausencia de fluido eléctrico [39].

Cargador y mantenedor de batería automática: los cargadores automáticos están creados para dejarlos siempre conectados a la batería, durante el tiempo que este no trabaje, con el fin de impedir que se descargue y mantener siempre un estado óptimo cuando se requiera de su uso [40].

Modulo para control y supervisión de transferencia automática InteliATS PWR: es un controlador para transferencias automáticas además pueden monitorear el suministro comercial de la red eléctrica por: sobre y bajo voltaje, sobre y baja frecuencia y desbalance de voltaje. En el caso de que detecte alguna anomalía de la red este enviará un comando de arranque remoto al grupo

electrógeno y hará una transferencia de suministro entre la red y el grupo electrógeno actuando sobre sus contactores. En [41], describe ampliamente el funcionamiento del módulo para control.

Tarjeta IB-Lite: es un módulo de comunicación enchufable para controladores InteliATS PWR, utilizados con firmware estándar y protocolos ComAp/ TCP, Modbus / TCP. En [42], muestra los parámetros de instalación y configuración de la tarjeta IB-Lite.

Modulo para supervisión y control PM5500: la central de medida PM5500, permiten satisfacer las necesidades de supervisión de energía, aporta un alto grado de calidad, fiabilidad y asequibilidad en un formato compacto. Ver en [43] las recomendaciones de instalación y configuración.

1.2.8. Estudio estructural

Se refiere a un análisis íntegro a la resistencia de los materiales y componentes de una estructura, para poder determinar esfuerzos que pueden ser producidos:

Carga muerta: es el peso propio de todos los componentes que conforman una estructura fabricada de cualquier material, más todos los elementos permanentes o instalados en el mismo.

Carga viva: es el peso que no permanece constantemente sobre una estructura, sin embargo, es importante tomar en cuenta en el diseño, esta debe de ser la máxima carga que se espera ocurran en el área de la estructura.

1.2.9. Transformador de energía eléctrica

Es un componente eléctrico que permite elevar o reducir la tensión en un circuito eléctrico, conservando la potencia, el cual depende del tipo de conexión de este circuito.

Transformador trifásico convencional de 500KVA ECUATRAN: está construido y diseñado para brindar energía de acuerdo a normativas de la empresa eléctrica. En [44], muestra los planos y dimensiones del transformador de una manera detallada.

Transformador trifásico convencional de 75KVA RYMEL: es un transformador para instalarse dentro de una cámara de transformación, este es sumergido en aceite

aislante para ser utilizado en redes con conexiones en delta o en estrella. En [45], indica las dimensiones del transformador y recomendaciones al ser instalado.

1.2.10. Grupo electrógeno

Se refiere al conjunto de equipos que se utiliza para generar energía, sea como fuente principal o fuente auxiliar, para solventar las necesidades energéticas de forma eficiente; convirtiéndose en un elemento confiable para cualquier proyecto eléctrico.

Motor de combustión: es un elemento base para la generación de la energía eléctrica, este tiene que brindar confianza y seguridad, así como responder a requisitos y normas.

Dínamo: es el más importante del grupo electrógeno su función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica estable.

Tablero de transferencia automática: es el responsable de realizar la conversión automática-manual de la fuente principal de energía a la fuente auxiliar, garantizando el suministro continuo de energía.

Panel de control: este es un elemento electrónico donde se puede monitorear, proteger y controlar todo el sistema del grupo electrógeno.

Cabina insonorizada: este debe de ser autoportante, resistente a la intemperie, fabricada en acero, con un sistema de atenuación de escape para seguridad del operador. Debe de ser altamente resistente a la corrosión.

1.2.11. Protecciones atmosféricas

En un sistema de protecciones contra caídas de rayos tiene como objeto blindar una estructura, equipos y ocupantes, de los efectos térmicos, mecánicos y eléctricos asociados con las descargas eléctricas. En el sistema de protecciones también se pueden incluir supresores de picos de corriente, que se pueden agregar a un sistema de protección para proteger los equipos electrónicos contra sobretensiones. La puesta a tierra de los principales equipos eléctricos y electrónicos también es fundamental.

Sistema de pararrayos: conocido también como sistema de captación, tiene como propósito atraer la descarga eléctrica atmosférica (rayo) y por medio de un sistema

de protección pasivo conducir a tierra. El pararrayos es un dispositivo metálico con punta y este debe instalarse en la parte más alta del lugar a proteger, en la actualidad se han desarrollado nuevos materiales manteniendo el principio básico de funcionamiento. En [46] y [47], contiene una guía de instalaciones y tipos de pararrayos.

- **Pararrayos Dipolo corona:** son electrodos con una sola punta y tiene un sistema electrónico compuesto de diodos, bobinas, resistencias y condensadores completamente aislados con resina. En [47], estudia el principio de funcionamiento.

Sistema de puesta a tierra: en todas las instalaciones eléctricas domiciliarias e industriales, se debe tener una conexión o malla a tierra como medida de seguridad, este sistema consta de varillas, conectores y conductores desnudos interconectados.

En [48], detalla pasos a seguir para una conexión de puesta a tierra, con el fin de proteger personas y equipos eléctricos en una eventual sobretensión.

Electrodo activo EP-ET PARRES: es un dispositivo utilizado para sistemas de puesta a tierra especialmente de tipo industrial, diseñado para cualquier tipo de terreno, este brinda una baja resistencia lo que lo convierte en un elemento eficaz en sistemas de captación, reemplazando a la tradicional malla a tierra. Por sus dimensiones y desempeño es de gran utilidad en terreno de cortas superficies con valores medios y altos de resistividad.

Supresores de transientes: en un sistema de iluminación inteligente es importante tener instalados supresores de transientes, dado que estos brindan protección al sistema sensitivo, estos dispositivos se conectan en paralelo con los tableros de carga, con el propósito de drenar los picos de voltaje hacia el sistema de tierra.

1.2.12. Luz baliza en torres

El balizamiento luminoso reduce el peligro para las aeronaves, mediante la señalización de la presencia de obstáculos. Deben ser señalizadas cuando se encuentran en determinadas condiciones susceptibles de provocar un riesgo de colisión en las proximidades de un aeropuerto.

1.2.13. Software de aplicación

Software, es un término informático que hace referencia a un programa de cómputo; software de aplicación, es un programa diseñado para facilitar algunas tareas específicas para cualquier medio informático.

DIALux: es un conocido y potente software internacional de cálculo de iluminación, que permite realizar proyectos integrales de alumbrado, teniendo en cuenta los estándares nacionales e internacionales [49]. DIALux está desarrollado por profesionales del mundo de la iluminación, convirtiéndose en una herramienta para las representaciones virtuales de los proyectos, además de la perfección técnica y la disponibilidad de datos para planificación continuamente actualizados.

AutoCAD Electrical estudiantil: diseño asistido por computadora, es un potente software internacional de diseño con licencia gratuita para estudiantes, utilizado para dibujar digitalmente planos arquitectónicos o eléctricos.

EcoStruxure Power Design-Ecodial INT V4.95: es un software fácil de usar que ayuda a optimizar el equipo y los costos mientras administra las especificaciones operativas, junto con los diseños de proyectos de distribución de energía. Es parte del paquete de software del ciclo de vida del cliente de Schneider Electric y por lo tanto está conectado a la plataforma EcoStruxure Power [50].

LiteEdit LE: es una aplicación para ajuste remoto de parámetros de configuración y monitoreo, compatible con los controladores: InteliATS NT, InteliLite NT, InteliCompact NT, MainsCompact NT, InteliDrive Lite e InteliPro. Conexión mediante USB, RS232, modem, internet o AirGate.

WebSupervisor: es un sistema de monitoreo remoto seguro, diseñado para monitorear, analizar datos y administrar dispositivos ComAp y de terceros a través de internet. Brinda una descripción general y completa del estado de todos sus dispositivos; así como también, herramientas de análisis sofisticadas como: analizador de alarmas, tendencias y mapas de calor [51].

AirGate: provee una forma sencilla de conexión remota a equipos vía internet, el sistema único de ComAp mantendrá al controlador localizado y conectado, despreocupándose por direcciones IP estáticas, firewalls y por VPNs.

Cisco packet tracer: es una poderosa herramienta que permite la simulación de redes simples y complejas, creando soluciones interconectadas para ciudades hogares y empresas inteligentes.

Designer 2: es un software libre para el control de iluminación, cuenta con una interfaz gráfica intuitiva, facilitando a los usuarios programadores ser más eficaz en su área.

1.2.14. Análisis para levantamiento de carga y demanda total de energía

Para el levantamiento de la carga del sistema de iluminación existente y la carga del sistema de iluminación diseñado, se contextualiza la teoría práctica a aplicarse [18].

Evaluación de la demanda máxima de potencia: un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería. El análisis de la carga permite mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad (operación no simultánea de todos los dispositivos de un grupo determinado) y la utilización (por ejemplo, la potencia nominal indicada en las lámparas de descarga es inferior a la potencia consumida por la lámpara y su resistencia, etc.) de todas las cargas existentes y proyectadas.

Además de proporcionar datos de diseño de instalaciones básicas en circuitos individuales, los resultados proporcionarán un valor global para la instalación a partir de la que se pueden especificar los requisitos de un sistema de alimentación (red de distribución, transformador de alta/baja tensión o grupo electrógeno) [18].

Potencia instalada (kW): la potencia nominal (P_n) instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación. Esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente. La demanda de potencia (kW) es necesaria para dimensionar y seleccionar la potencia nominal del grupo electrógeno [18].

Potencia aparente instalada (kVA): normalmente se asume que la potencia aparente instalada es la suma aritmética de los kVA de las cargas individuales. Los kVA máximos estimados que se van a proporcionar sin embargo no son iguales a

los kVA totales instalados [18]. La demanda de potencia aparente de una carga se obtiene a partir de su potencia nominal corregida si es necesario y de la aplicación de los siguientes coeficientes:

$$\eta = \text{rendimiento} = kW \text{ de salida} / kW \text{ de entrada} \quad (1)$$

$$\cos \varphi = \text{el factor de potencia} = kW / kVA \quad (2)$$

La demanda en kVA de potencia aparente de la carga:

$$sn = Pn / (\eta * \cos \varphi) \quad (3)$$

A partir de este valor, la corriente de carga completa I_a (A) que toma la carga será:

$$I_a = Sn * 10^3 / V \quad (4)$$

para una carga conectada entre fase y neutro.

$$I_a = Sn * 10^3 / \sqrt{3} * U \quad (5)$$

para la carga trifásica equilibrada, en la que:

V = tensión fase-neutro (voltios).

U = tensión fase-fase (voltios).

Se tiene que tener en cuenta que, hablando de un modo estricto, los kVA totales de potencia aparente no son la suma aritmética de los kVA calculados de las cargas individuales (a no ser que todas las cargas tengan el mismo factor de potencia) [18]. Sin embargo, es normal realizar una suma aritmética simple, cuyo resultado dará un valor de kVA que supera el valor real por un “margen de diseño” aceptable.

Estimación de la demanda máxima real de kVA: todas las cargas individuales no operan necesariamente a su potencia nominal máxima ni funcionan necesariamente al mismo tiempo. El factor de utilización máxima (k_u) y el factor de simultaneidad (k_s), permiten la determinación de las demandas de potencia máxima y de potencia aparente realmente necesarias para dimensionar la instalación [18].

Factor de utilización máxima (k_u): en condiciones normales de funcionamiento, el consumo de potencia de una carga es a veces inferior que la indicada como

potencia nominal, una circunstancia bastante común que justifica la aplicación de un factor de utilización (k_u) en la estimación de los valores reales [18].

Este factor se le debe aplicar a cada carga individual, para cargas de luz incandescente, el factor siempre es igual a 1.

Factor de simultaneidad (k_s): es una práctica común que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas de una instalación determinada nunca se produzca en la práctica [18]. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (k_s). El factor k_s se aplica a cada grupo de cargas (por ejemplo, obtener el suministro de un cuadro de distribución o subdistribución).

1.3. Fundamentación metodológica

1.3.1. Enfoque

El presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto, debido a que se pretende verificar y comprobar el estado del aparallaje, componentes eléctricos; también, se pretende realizar un análisis minucioso de variables eléctricas, variables físicas y la planeación para el diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED.

Enfoque mixto: es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, con una serie de investigaciones, que responderán al planteamiento [52].

1.3.2. Tipo de investigación

Para el desarrollo de este estudio se utilizará investigación descriptiva e investigación teórica conceptual, aplicando metodología analítica, esto permitirá evaluar el sistema de iluminación artificial existente y realizar técnicamente, la prospectiva del sistema de iluminación profesional del estadio, facilitando su futura implementación.

1.3.3. Técnicas de recolección de información

Para la recolección y análisis de la información, se utilizarán las siguientes técnicas:

- Estudio de información relevante y actualizada de tecnologías de iluminación, que cumplan estándares y normativa internacional, que

permitan identificar las luminarias, hardware y software, que conformarían el ecosistema tecnológico del sistema de iluminación.

- Mediante la inspección técnica in situ de los componentes del sistema de iluminación artificial del estadio, se desarrollará la recolección de información; así como, mediciones de magnitudes métricas y eléctricas, requeridas para el estudio analítico y comprensión fiable de las características, como también del estado de los dispositivos y mecanismos del sistema. Esta metodología permitirá realizar el levantamiento de carga, para estimar el porcentaje de uso y carga de los transformadores.
- Se realizarán escenarios de modelamientos lumínicos, mediante el software de diseño DIALux, de donde se obtendrán valores del sistema de iluminación actual y valores de varios escenarios, hasta alcanzar resultados deseados para el sistema proyectado de iluminación.

1.4. Conclusiones Capítulo I

Primera conclusión

En Ecuador solo existen normativas y regulaciones para iluminación vial en las que se contemplan todos los aspectos involucrados en un sistema de iluminación, mientras que en el caso de parques, áreas recreativas y escenarios deportivos el análisis es superficial. A nivel internacional existen organismos encargados de estudios de luminotecnia que profundizan cada uno de los aspectos involucrados en iluminación eficiente, y le dan importancia no solo al alumbrado vial sino también al alumbrado de escenarios deportivos, reduciendo así el consumo de energía sin dejar a un lado el confort y la seguridad peatonal.

Segunda conclusión

Para seleccionar el tipo de iluminación profesional de un estadio de fútbol, se debe cumplir los requerimientos y necesidades de la FIFA y la CONMEBOL; así como, de los deportistas y espectadores.

Tercera conclusión

El análisis de carga permite mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad y la utilización. Los anexos permiten interpretar de forma clara y concisa, el diseño del sistema de iluminación.

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA

2.1. Título del proyecto

Estudio de prospectiva para el sistema de iluminación inteligente tipo LED del estadio Municipal “La Cocha” - Latacunga

2.2. Objetivo del proyecto

Realizar el diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED, el cual disponga de una arquitectura tecnológica para comunicación y control, sistema automatizado para respaldo de energía, protecciones atmosféricas y balizamiento preventivo nocturno para las torres.

2.3. Descripción de la propuesta

El estadio Municipal “La Cocha”, está ubicado en la avenida Luis de Anda y calle Panzaleo, de la ciudad de Latacunga a 2782 metros sobre el nivel del mar. Tiene una capacidad para acoger a 16000 espectadores, es sede de distintos eventos deportivos a nivel provincial y local, así como escenario para varios eventos de tipo cultural [1]. Las figuras 2 y 3, muestran respectivamente la ubicación y la vista de planta del estadio.

Posee cuatro torres auto soportadas de estructura metálica, cada una tiene una altura de 30 metros desde el nivel del campo de juego hasta la cumbre. En ella tiene un bastidor que aloja 36 luminarias de halogenuros metálicos de 2000 vatios alimentados a 380 VAC. La figura 4, muestra las dimensiones de la torre y del bastidor.

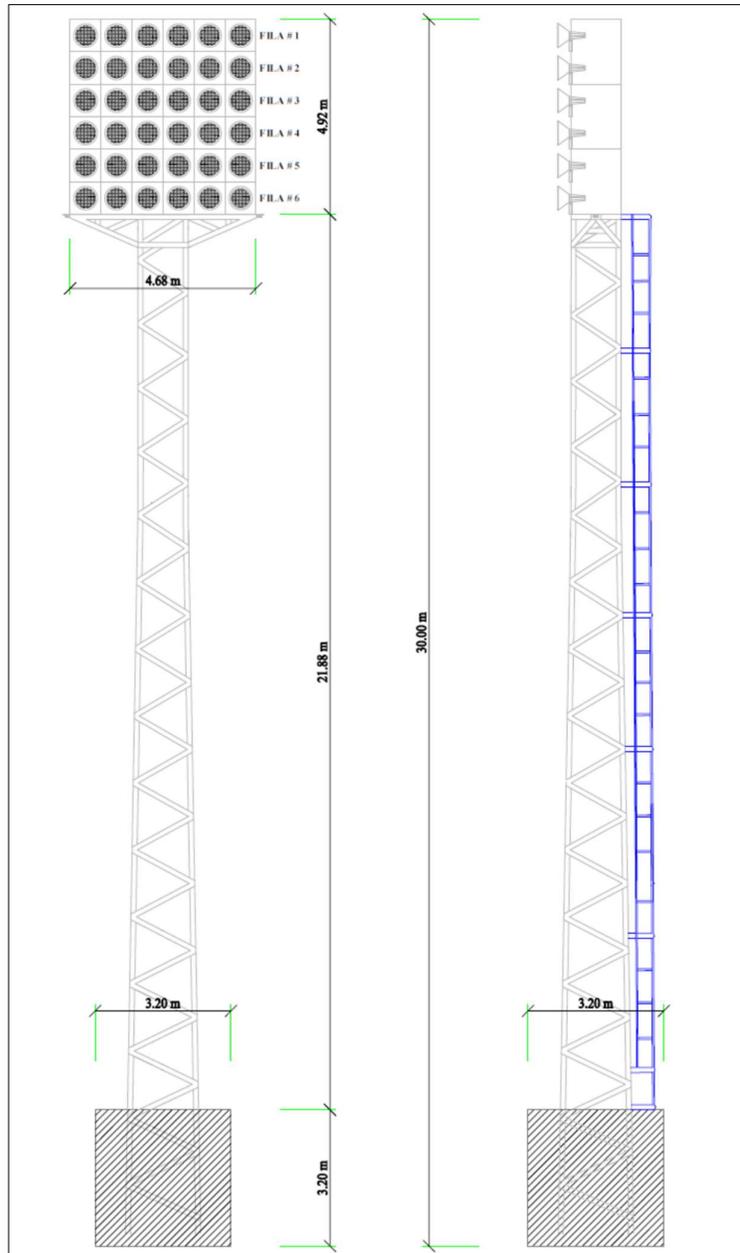


Fig. 4. Torre de iluminación existente.

Para mejor apreciación ver Anexo 1 lámina 3.

La propuesta que se plantea, es el diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED, el cual disponga de un ecosistema tecnológico para control y comunicación, que permita la conexión e interacción con menor latencia entre los componentes del sistema. Las luminarias LED junto con los dispositivos IoT y los protocolos de comunicación, posibilitan diversas funciones de iluminación; entre las principales se tiene, control local o remoto, control dimerizable, control interactivo, entre otros. Adicionalmente, para implementar esta solución se requiere de pocos cambios en la infraestructura eléctrica existente, además de que este sistema de iluminación LED, es también el camino que permite alcanzar la eficiencia energética de manera rápida. Esta propuesta ha sido desarrollada para resolver los problemas existentes del sistema de iluminación actual.

Para alcanzar el diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED, se realizó un estudio, el cual contempla los pasos requeridos para alcanzar el diseño óptimo, estos son:

- Estudio de tecnologías de iluminación para identificar luminarias, hardware y software.
- Estudio y levantamiento del sistema eléctrico existente.
- Simulación de escenarios lumínicos con luminarias tipo Led.
- Diseño del sistema eléctrico.
- Diseño de la arquitectura de comunicación y control.

Para mejor valoración, se presenta a continuación los pasos mediante un diagrama de bloques.

2.4. Metodología o procedimiento

Para contextualizar este capítulo, se utilizaron enfoques cuantitativos y cualitativos, aplicando investigación descriptiva e investigación teórica conceptual. El desarrollo del mismo está en base al orden de los objetivos.

La figura 5, muestra el procedimiento de la metodología a aplicarse para el desarrollo del estudio.

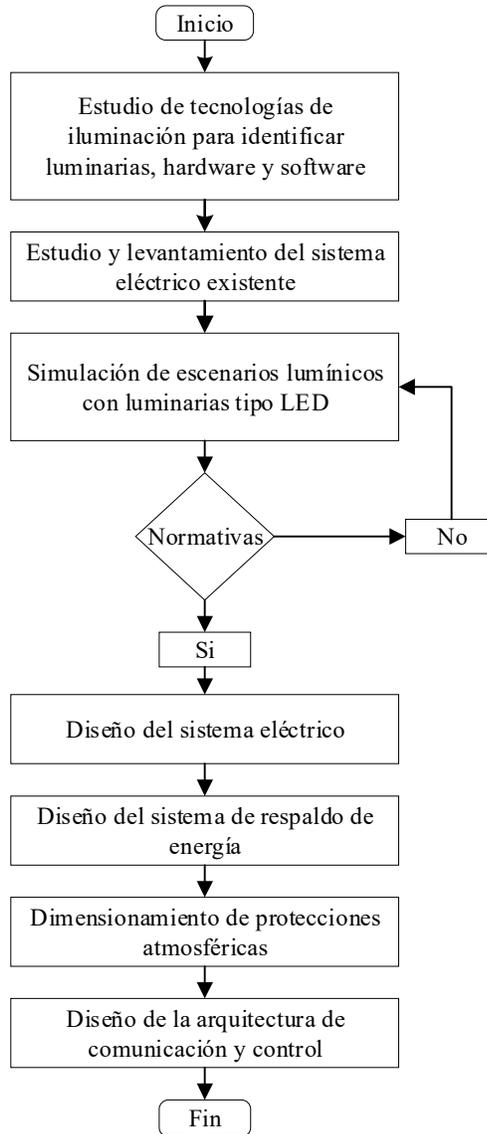


Fig. 5. Diagrama de la metodología aplicada.

2.4.1. Selección de arquitectura para control y comunicación

Mediante el proceso de estudio de información relevante y actualizada de tecnologías de iluminación, que cumplen estándares y normativa internacional, se identificó los tipos de luminarias, hardware y software, que conformarán el ecosistema tecnológico del sistema de iluminación propuesto. Estos son:

Luminaria ArenaVision LED Generación 3.5 de la empresa Signify (Philips): luminaria con tecnología LED de estado sólido, utiliza un dispositivo escalable IoT (driver) para su energización y control.

Controlador DMX512/RDM – TCP/IP (ArtNet): control para luminarias IoT LED, admite configuración versátil para escenas de iluminación, con efectos personalizados, dinámicos y precisos.

Gateway DMX512/RDM – TCP/IP (ArtNet): es la puerta de enlace escalable entre los protocolos de comunicación DMX512/RDM – TCP/IP.

Dispositivo para entradas/salidas digitales TCP/IP: facilita de forma escalable disponer de entradas y salidas digitales en el sistema, para realizar control remoto escalable.

Panel táctil DMX512/RDM – TCP/IP (ArtNet): interfaz de control y encendido local, para puesta en funcionamiento de las luminarias y manejo dinámico de las escenas preconfiguradas.

Conectividad: la comunicación y control será mediante cableado estructurado para datos, estará conformado por equipos activos y pasivos, como: fibra óptica multi modo de 6 hilos OM4 (para los enlaces), cajas ODF para fibra óptica, Switch industrial PoE 8 puertos RJ45 y 2 puertos SFP full dúplex, cable F/UTP, patch cord para fibra y cobre, entre otros.

Protocolos de comunicación: para la comunicación y control se utilizarán protocolos tales como: ArtNet mediante TCP/IP, para DMX512/RDM.

2.4.2. Descripción del sistema de iluminación instalado

Mediante la inspección técnica in situ de los componentes del sistema de iluminación artificial del estadio, se desarrolló la recolección de información; así como, mediciones de magnitudes métricas y eléctricas, requeridas para el estudio analítico y comprensión fiable de las características, como también del estado funcional de los dispositivos y mecanismos del sistema. Esta metodología permitió realizar el levantamiento de carga, para estimar el porcentaje de uso y carga de los transformadores. El actual sistema de iluminación artificial, el cual se encuentra parcialmente funcionando en el estadio, tiene los siguientes componentes.

Alimentador trifásico: el alimentador trifásico N.º 5 de ELEPCO S.A. (Subestación “La Cocha”), está ubicado en la avenida Luis de Anda al costado Oriente del estadio.

Acometida trifásica en media tensión: la acometida se une al alimentador por medio del punto de seccionamiento (3 seccionadores unipolares de 15kV arranque), ubicados en la cruceta de los postes exteriores; baja hasta la caja de revisión y continúa canalizado por el ducto soterrado, hasta los seccionadores del centro de transformación (CT) del estadio. Tiene una longitud de 35 metros, está constituida de cable tipo XAT 25 kV, el calibre de los conductores es 3x2 American Wire Gauge AWG (33.6 mm²), estos energizan a los transformadores de 500 kVA y 75 kVA.

Cámara de transformación, componentes: transformador (trafo) trifásico convencional N.º 1, marca ECUATRAN, potencia 500 kVA, voltaje nominal 13800/380/220 VAC, conexión Dyn5, clase de enfriamiento ONAN, año de fabricación 2013.

Transformador trifásico convencional N.º 2, marca RIMEL, potencia 75 kVA, voltaje nominal 13800/210/121 VAC, conexión Dyn5, clase de enfriamiento ONAN, año de fabricación 2003.

Cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH trifásicos, para conexión y protección de acometidas alimentadas por los transformadores.

Puesta a tierra: dispone de un sistema de puesta a tierra.

Banco de capacitores N.º 1: potencia reactiva (Q) 90 kvar, tipo fijo manual, pasos de compensación 5. Corrige el factor de potencia del transformador N.º 1.

Banco de capacitores N.º 2: potencia reactiva (Q) 108 kvar, tipo automático, pasos de compensación 5. Corrige el factor de potencia del transformador N.º 2.

Acometidas trifásicas en baja tensión alimentadas por el transformador N.º 1, 380 VAC: acometida trifásica N.º 1, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el Breaker caja moldeada principal 250 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 1, el calibre del conductor es 3x2/0 AWG 3F (70 mm²) con una longitud de 50 metros, canalización soterrada.

Acometida trifásica N.º 2, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusible NH de la cámara de transformación, hasta el Breaker caja moldeada principal 250 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 2, el

calibre del conductor es 3x2/0 AWG 3F (70 mm²) con una longitud de 76 m, canalización soterrada.

Acometida trifásica N.º 3, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusible NH de la cámara de transformación, hasta el Breaker caja moldeada principal 250 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 3, el calibre de conductor es 3x3/0 AWG 3F (95 mm²) con una longitud de 277 m, canalización soterrada.

Acometida trifásica N.º 4, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusible NH de la cámara de transformación, hasta el Breaker caja moldeada principal 250 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 4, el calibre del conductor es 3x3/0 AWG 3F (95 mm²) con una longitud de 375 m, canalización soterrada.

Cálculo de las caídas de tensión de las acometidas: para el cálculo de las caídas de tensión se utilizó el software libre Electric Calculation Tool de Schneider Electric. La tabla 2, muestra los parámetros para el cálculo de caída de tensión de las cuatro torres.

TABLA II. PARAMETROS PARA CALCULOS DE LAS ACOMETIDAS

Parámetros	Acometida 1	Acometida 2	Acometida 3	Acometida 4
Longitud	50 m	76 m	277 m	375 m
Número de conductores por fase	1	1	1	1
Sección (CSA) de fase	70 mm ²	70 mm ²	95 mm ²	95 mm ²
Aislamiento	PVC	PVC	PVC	PVC
Material del conductor	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
Tipo de cable	Multiconductor	Multiconductor	Multiconductor	Multiconductor
Tipo de receptor	3F	3F	3F	3F
Tensión nominal	380 V	380 V	380 V	380 V
Carga	72 kW	72 kW	72 kW	72 kW
Factor de potencia de carga	0,85	0,85	0,85	0,85
Caída de tensión permitida	5%	5%	5%	5%
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz

La tabla 3, muestra los resultados de las caídas de tensión de las acometidas de las cuatro torres de iluminación.

TABLA III. RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

Detalle	Acometida 1	Acometida 2	Acometida 3	Acometida 4
Caída de tensión en %	0,92	1,4	4,0	5,4
Caída de tensión en voltios	3,5	5,3	15	21
Longitud máxima de caída de tensión permitida	271,55 m	271,55 m	345,85 m	345.85 m

La figura 6, muestra el diagrama unifilar de media y baja tensión, sistemas eléctricos transformador N°.1, sistema de iluminación existente.

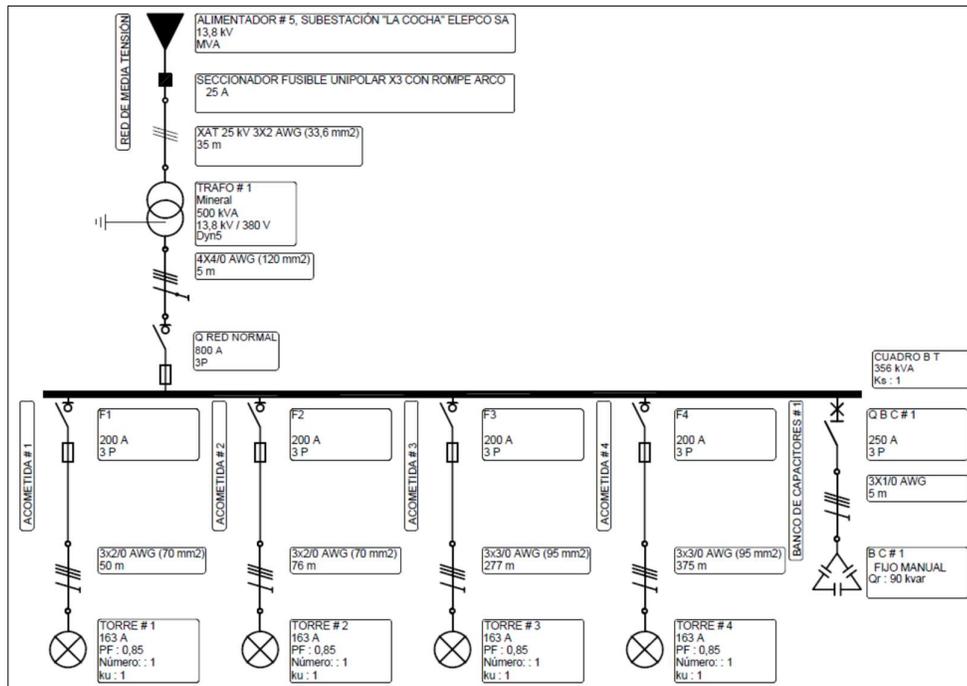


Fig. 6. Diagrama unifilar de media y baja tensión transformador N.º 1

Para mejor apreciación ver Anexo 2, lámina 1. Diagramas unifilares media y baja tensión sistemas eléctricos sistema de iluminación existente.

Acometidas trifásicas en baja tensión, alimentadas por el transformador N.º 2, 210/121 VAC: acometida bifásica N.º 5, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el breaker sobrepuesto 2 polos 50 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 1, el calibre del conductor es 3x1/0 AWG 2F+N (53.5 mm²) con una longitud de 46 m, canalización soterrada.

Acometida bifásica N.º 6, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el breaker sobrepuesto 2 polos 50 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 2, el calibre del conductor es 3x1/0 AWG 2F+N (53.5 mm²) con una longitud de 76 m, canalización soterrada.

Acometida bifásica N.º 7, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el breaker sobrepuesto 2 polos 50 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 3, el calibre del conductor es 3x1/0 AWG 2F+N (53.5 mm²) con una longitud de 267 m, canalización soterrada.

Acometida bifásica N.º 8, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el breaker sobrepuesto 2 polos 50 A del tablero de control y fuerza de la torre de iluminación N.º 4, el calibre del conductor es 3x1/0 AWG 2F+N (53.5 mm²) con una longitud de 375 m, canalización soterrada.

Acometida trifásica N.º 9, parte desde el cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH de la cámara de transformación, hasta el centro de carga trifásico principal de 30 puntos 210/121 V, ubicado en la cabina de control. Este alimenta las luminarias de 400 W instaladas en la cubierta de palco/tribuna y las distintas cargas del estadio (cabinas de locución, camerinos, baños, bodegas, boleterías, oficinas, portería), el calibre del conductor es 4x2/0 AWG 3F+N (70 mm²) con una longitud de 37 metros, canalización soterrada.

La figura 7, muestra el diagrama unifilar de media y baja tensión, sistemas eléctricos transformador N.º.2, sistema de iluminación existente.

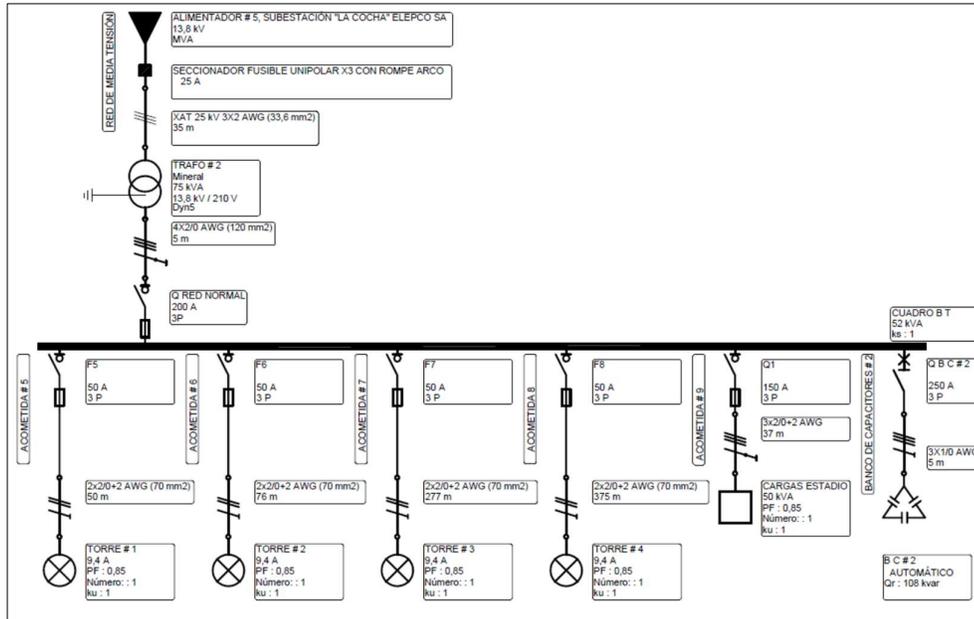


Fig. 7. Diagrama unifilar de media y baja tensión transformador N.º 2

Para mejor apreciación ver Anexo 2, lámina 2. Diagramas unifilares media y baja tensión sistemas eléctricos.

Cuarto de equipos de las torres: cada cuarto de equipos dispone de un tablero de fuerza y control; y un armario, que tiene montado equipo adicional para las luminarias. La tabla 4, detalla los componentes del tablero de fuerza y control.

TABLA IV. APARALLAJE TABLERO DE FUERZA Y CONTROL

Ítem	Detalle	Cantidad
1	Gabinete metálico doble fondo 800 x 600 x 200 mm	1
2	Breaker caja moldeada 3 polos 250 A (Principal)	1
3	Barraje trifásico L1, L2, L3	1
4	Breaker sobrepuesto 2 polos 32 A	27
5	Breaker sobrepuesto 2 polos 50 A	1
6	Breaker sobrepuesto 1 polo 20 A	22
7	Breaker sobrepuesto 1 polo 6 A	1
8	Contactores 3 polos, AC-3, 32 A, 15 KW	7
9	Selector 2 posiciones ON/OFF	7
10	Luz piloto verde 22 mm	7
11	Bornera para riel DIN	14
12	Porta fusible cilíndrico de 32 mm	2

Las dimensiones del armario metálico son 1200 x 1400 x 600 mm, tiene puertas dobles posteriores y anteriores, en su interior contiene tres divisiones horizontales que alojan 36 balastos magnéticos MH 2000 vatios 380 VAC.

Cabe indicar que los cuartos de equipos de cada torre, no presentan señalética informativa; adicional, los tableros y armarios no disponen de diagramas electrotécnicos de fuerza y control, así como el etiquetado en su aparallaje.

Circuitos de alimentación: la alimentación eléctrica para las luminarias de 2000 vatios, 380 VAC de cada torre; parte desde el breaker principal 3 polos 250 A, y desde ahí toma la alimentación el breaker N.º 1, de 2 polos 32 A del tablero y balasto N.º 1, MH 2000 W 380 VAC del armario, ubicados en el cuarto de equipos de cada torre, hasta la luminaria N.º 1 del bastidor de la torre, con conductores de calibre 2x10 AWG (5.26 mm²), los circuitos de las siguientes luminarias son similares (36 luminarias). La longitud promedio de cada circuito es de 36 m, canalizados en tubería PVC de seis pulgadas, conjuntamente a estos se encuentra un conductor de calibre 1/0 AWG (53.5 mm²), para puesta a tierra general de las luminarias. Las figuras 8 y 9, contienen los diagramas electrotécnicos de los circuitos de fuerza de la torre N.º 1, esto aplica para las torres N.º 2, N.º 3 y N.º 4.

Cálculo de las caídas de tensión de los circuitos que alimentan las luminarias: para el cálculo de las caídas de tensión se utilizó el software libre Electric Calculation Tool de Schneider Electric. La tabla 5, muestra los parámetros para el cálculo de caída de tensión del circuito N.º 1 que alimenta la luminaria N.º 1.

TABLA V. PARAMETROS DEL CIRCUITO

Parámetros	
Longitud	36 m
Número de conductores por fase	1
Sección (CSA) de fase	5.26 mm ²
Aislamiento	PVC
Material del conductor	Cobre
Tipo de cable	Multiconductor
Tipo de receptor	2F
Tensión nominal	380 V
Carga	2 kW
Factor de potencia de carga	0,85
Caída de tensión permitida	5%
Frecuencia	60 Hz

La tabla 6, muestra los resultados de las caídas de tensión de las acometidas de las cuatro torres de iluminación.

TABLA VI. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

Detalle	Circuito 1
Caída de tensión en %	0,31
Caída de tensión en voltios	1,2
Longitud máxima de caída de tensión permitida	585,11 m

Nota: este cálculo se aplica para todos los circuitos que alimentan las luminarias de las torres.

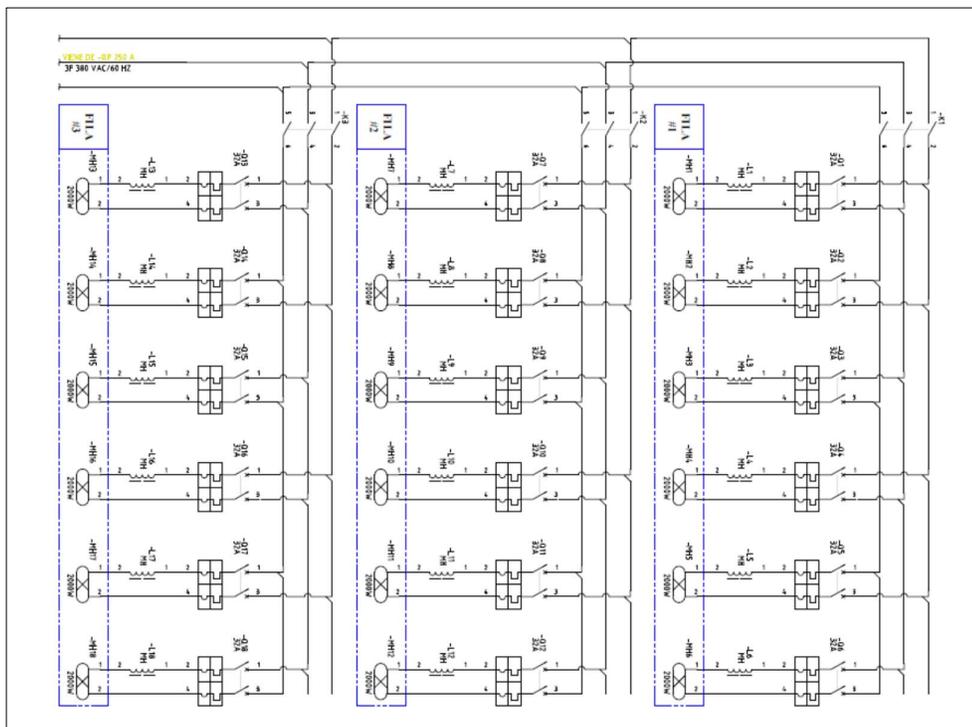


Fig. 8. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 1 a la fila 3.

Para mejor apreciación referirse al Anexo 3, láminas 1 y 2. Diagramas electrotécnicos circuitos de fuerza y control.

La alimentación eléctrica de las cuatro luminarias de 400 W 210 VAC que tienen cada torre; parte desde el breaker N.º 37, de 2 polos 32 A del tablero ubicado en el cuarto de equipos, con conductores de calibre 2x10 AWG (5.26 mm²) canalizado por tubería PVC de seis pulgadas, con una longitud aproximada de 26 m.

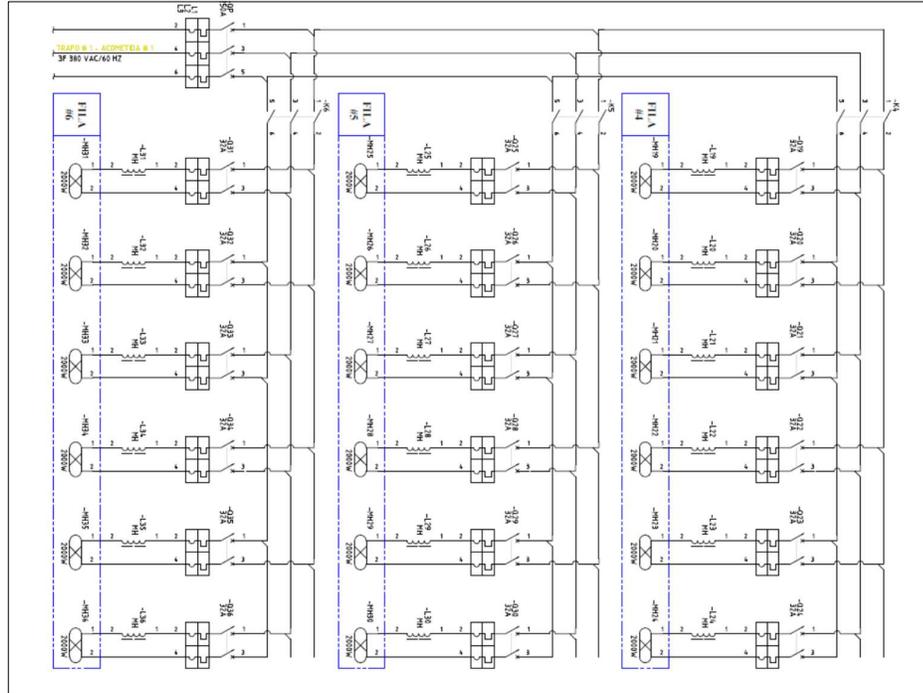


Fig. 9. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 4 a la fila 6.

La figura 10, muestra los diagramas electrotécnicos circuitos de control.

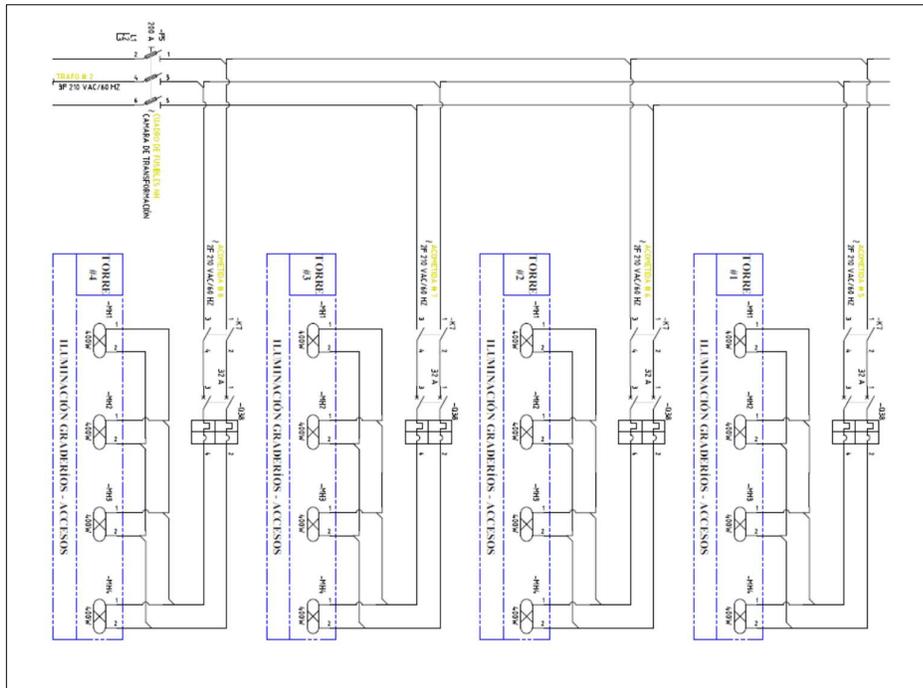


Fig. 10. Diagramas electrotécnicos circuitos de control torre N.º 1

Torres: son del tipo auto soportadas de 4 patas con una altura de 30 metros desde el nivel del césped hasta la cumbre, construidas con perfiles metálicos que dan una forma piramidal. Cada torre es el soporte de 36 luminarias tipo campana montadas en el bastidor y distribuidas en seis filas y seis columnas; adicional, existen 4 luminarias tipo reflector ancladas en su estructura a 17 m de altura. El bastidor está construido con perfilera metálica, sus dimensiones son 4.92 m de alto por 4.68 m de ancho. Para mejor apreciación ver anexo 1, lámina 3.

Cada luminaria de halogenuros metálicos tipo campana tiene un peso de 12 kg, y la luminaria tipo reflector tiene un peso de 6 kg. La cantidad de luminarias montadas representan 456 kg, que son un porcentaje de la carga muerta de la torre, no se dispone de información del peso total de la carga muerta y dinámica de cada torre.

Luminarias: la iluminación del campo de juego está a cargo de las luminarias de 2000 W 380 VAC, actualmente están en funcionamiento 137 luminarias y 7 de ellas requieren sustitución de las lámparas.

Luminarias 2000 W 380 VAC: están fabricadas con halogenuros metálicos, son 144 luminarias distribuidas en el área de juego, su diseño es de tipo campana.

Luminarias 400 W 210 VAC: están fabricadas con halogenuros metálicos, son 22 luminarias distribuidas para la iluminación de las áreas de graderíos y accesos al estadio, su diseño es de tipo reflector.

Cabina de control: la cabina de control está situada en la parte de la tribuna junto a las cabinas de locución, esta tiene un área de 2 x 2 x 2.50 m. Aquí se encuentra el tablero de control principal, la tabla 7 detalla los componentes del tablero de control.

TABLA VII. APARALLAJE TABLERO DE CONTROL

Ítem	Detalle	Cantidad
1	Gabinete metálico doble fondo 800 x 600 x 200 mm	1
2	Selector accionamiento con llave 2 posiciones	4
3	Selector 2 posiciones ON/OFF	29
4	Luz piloto verde 22 mm	28
5	Luz piloto roja	4
6	Bornera para riel DIN	40

En el tablero de control se encuentran cables multipar provenientes de cada uno de los tableros de fuerza y control de las torres.

Circuitos para control de las luminarias: existe un tablero de control y fuerza para cada torre de iluminación (4 tableros). Cada tablero tiene montado 7 circuitos de control, 6 para encendido de 36 luminarias de 2000 W 380 VAC (bastidor) y 1 para encendido de 4 luminarias de 400 W 210 VAC.

Cada circuito consta de 1 selector de 2 posiciones ON/OFF; 1 luz piloto verde; 1 contactor 3 polos AC3; 6 breaker sobrepuesto 2 polos (con excepción del último circuito que tiene 1 breaker sobrepuesto 2 polos).

El tablero de control principal de iluminación ubicado en la cabina de control, se interconecta con los 4 tableros de control y fuerza de cada torre. Este dedica 1 selector de accionamiento con llave 2 posiciones ON/OFF y 7 selectores 2 posiciones ON/OFF para el control de cada torre.

2.4.3. Procedimiento para accionamiento normal del sistema de iluminación

La puesta en funcionamiento total y parcial, se realiza desde el tablero de control principal de iluminación ubicado en la cabina de control. Procedimiento aplicado como ejemplo para la torre N.º 1 (para las otras torres se repite el procedimiento):

- Primer paso, girar el selector principal N.º 1 de mando por llave a la posición ON, luz piloto roja correspondiente se enciende.
- Segundo paso, girar el selector N.º 1 a la posición ON, luz piloto verde correspondiente se enciende y se prende la primera fila de 6 luminarias del bastidor.
- Tercer paso, esperar 20 segundos y girar el selector N.º 2 a la posición ON, luz piloto verde correspondiente se enciende y se prende la segunda fila de 6 luminarias del bastidor.
- Cuarto paso, repetir el paso anterior, aplicado en orden desde el selector N.º 3 hasta el selector N.º 6, resultando el encendido de todas las filas de lámparas del bastidor. (36 luminarias)
- Último paso, girar el selector N.º 7 a la posición ON, luz piloto verde correspondiente se enciende y se prenden las 4 luminarias ancladas a 17 metros de altura en la estructura de la torre.

- Para apagar las luminarias, girar los selectores a la posición OFF, empezando desde el último paso hasta el primero.

Observaciones:

- No se puede prender simultáneamente las luminarias, debido a la elevada corriente de arranque (1.77 veces respecto a la nominal).
- El periodo de estabilización de cada luminaria es de 3 a 5 minutos.
- El intervalo de tiempo (20 segundos) antes de girar los selectores es obligatorio, por lo explicado anteriormente.
- Si las luminarias se apagan súbitamente, se requiere de 45 a 60 minutos de espera (enfriamiento), para empezar nuevamente con el procedimiento para puesta en marcha.
- El sistema de iluminación utiliza el transformador N.º 1 para fuerza y el transformador N.º 2 para control, reduciendo su confiabilidad al requerir los dos transformadores simultáneamente.

La figura 11, contiene los diagramas electrotécnicos de los circuitos de control de la torre N.º 1, esto aplica para las torres N.º 2, N.º 3 y N.º 4.

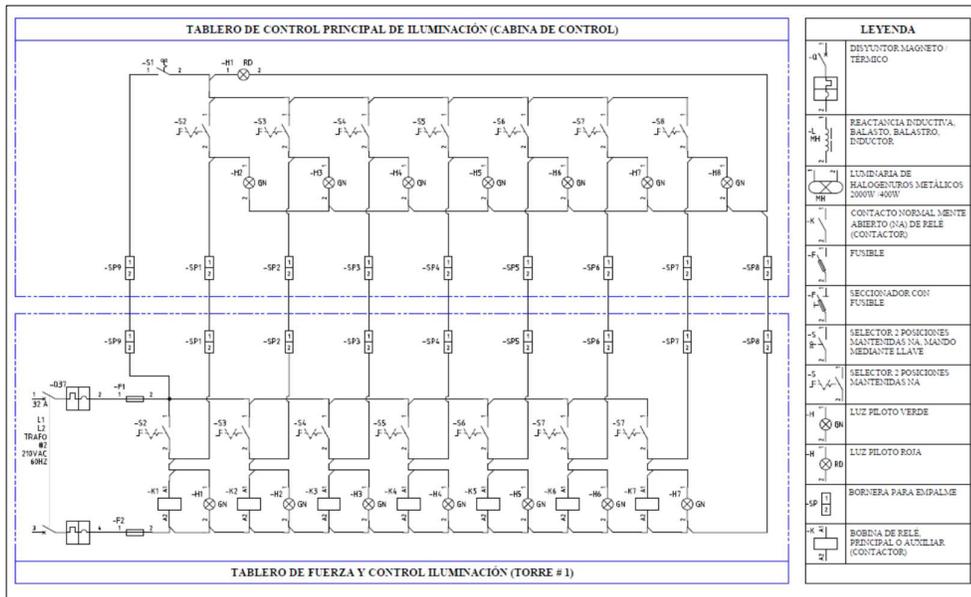


Fig. 11. Diagramas electrotécnicos de control torre N.º 1

Para mejor apreciación referirse al Anexo 3, lámina 4. Diagramas electrotécnicos circuitos de fuerza y control.

Luminarias 400 W, 210 VAC palco y tribuna: están ancladas en la estructura metálica de la cubierta de tribuna, son seis luminarias que alumbran las áreas de palco y tribuna, están fabricadas con halogenuros metálicos, son de diseño tipo reflector y su control se lo realiza desde el centro de carga trifásico principal de 30 puntos 220/127 VAC, ubicado en la cabina de control.

Luminarias 1000 W, 210 VAC palco y tribuna: están ancladas en la estructura metálica de la cubierta de tribuna, son dieciséis luminarias que alumbran la pista de salto largo y 100 metros planos, están fabricadas con halogenuros metálicos, son de diseño tipo campana y su control se lo realiza desde el centro de carga trifásico principal de 30 puntos 220/127 VAC, ubicado en la cabina de control.

2.4.4. Estado de los equipos, dispositivos y mecanismos eléctricos del sistema

El sistema de iluminación fue montado en el año 2004, este ha venido funcionando de forma intermitente ocasional; por tal razón, la mayor parte de sus componentes se encuentran en buen estado y podrían ser integrados al próximo sistema de iluminación, la tabla 4 detalla la información.

Estado de las estructuras de las torres: las torres fueron montadas en el año 2004, en general requieren mantenimiento preventivo y correctivo. Un porcentaje alto de perfilería metálica y tornillería se encuentran oxidadas y corroídas.

Requerimientos indispensables para determinar la utilización de las torres: para determinar si podrían ser utilizadas para el próximo sistema de iluminación; principalmente, se requiere de un estudio estructural. Se describen los requerimientos:

- Estudio estructural, el cual precise las cargas muerta y viva máximas soportada por cada torre; así como, la factibilidad de realizar adecuaciones en la estructura de las mismas, implicando mayor carga.
- La carga proyectada de diseño de las luminarias y sus accesorios por torre, es de 1700 Kg.
- Ampliación y adecuación de los bastidores.
- Incremento de altura en cada torre, para alcanzar el grado adecuado de iluminación (según requerimiento).
- Mantenimiento preventivo y correctivo de la perfilería y tornillería.

- Instalación de canaleta metálica, para canalización de conductores de fuerza y control.

Equipos ausentes: existe ausencia de equipos y materiales indispensables, que deben formar parte del sistema eléctrico general, tales como:

- No se dispone de pararrayos en las torres.
- No se dispone de balizamiento preventivo en las torres.
- No se dispone de sistema de respaldo de energía (grupo electrógeno).

La tabla 8, muestra el estado en que se encuentra los componentes y dispositivos.

TABLA VIII. ESTADO DE LOS COMPONENTES Y DISPOSITIVOS

Ítem	Detalle	Estado	Observaciones
1	Acometida de media tensión y sus componentes	Bueno	Reutilizable
2	Trafo N.º 1	Bueno	Reutilizable, requiere mantenimiento
3	Trafo N.º 2	Bueno	Reutilizable, requiere mantenimiento
4	Banco de capacitores trafo N.º 1	Bueno	Reutilizable
5	Banco de capacitores trafo N.º 2	Bueno	Reutilizable
6	Acometidas trifásicas de media tensión	Bueno	Reutilizable
7	Tablero de fuerza y control torre N.º 1, aparellaje de fuerza y control	Bueno	Reutilizable
8	Tablero de fuerza y control torre N.º 2, aparellaje de fuerza y control	Bueno	Reutilizable
9	Tablero de fuerza y control torre N.º 3, aparellaje de fuerza y control	Bueno	Reutilizable
10	Tablero de fuerza y control torre N.º 4, aparellaje de fuerza y control	Bueno	Reutilizable
11	Armarios metálicos	Bueno	Reutilizable
12	Conductores para alimentación luminarias 2000 W	Regular	Reutilizable bajo selección
13	Conductores para alimentación luminarias 400 W	Regular	Reutilizable bajo selección
14	Conductor de puesta a tierra de luminarias	Regular	Reutilizable bajo selección
15	Tablero de control para iluminación, aparellaje	Bueno	Reutilizable
16	Luminarias 2000 W, 380 V	Malo	Tecnología discontinuada
17	Luminarias 400 W, 220 V	Regular	Reutilizable bajo selección
18	Cuartos de equipos	Bueno	Requieren mantenimiento

2.4.5. Modelamiento lumínico del sistema instalado

Se realiza el modelamiento lumínico del sistema de iluminación artificial existente, para analizar los valores obtenidos y referenciarlos hacia el nuevo sistema de iluminación inteligente tipo LED.

La tabla 9, detalla los parámetros que se utilizaron para la modelación.

TABLA IX. DATOS PARA MODELAMIENTO

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Largo de la cancha	105	M
2	Ancho de la cancha	68	M
3	Área del terreno de juego	7140	m2
4	Cantidad de torres	4	U
5	Altura total de la torre	30	m
6	Alto del bastidor	4.92	m
7	Ancho del bastidor	4.68	m
8	Cantidad de luminarias (HID) por torre	36	U
9	Cantidad de luminarias (HID) cancha de fútbol	144	U
10	Cantidad de luminarias (HID) pista atlética	0	U
11	Cantidad total de luminarias (HID)	144	U

HID (lámparas de descarga de alta presión), m (metros), U (unidad)

La tabla 10, muestra los resultados del modelamiento lumínico.

TABLA X. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO SISTEMA EXISTENTE

N.º	Tipo	Área	Em(lx)	Emin(lx)	E _{max} (lx)	Emin/Em (lx)	Emin/E _{max} (lx)
1	Horizontal	Cancha de fútbol	982	597	1229	0,61	0,49
2	Vertical	Cancha de fútbol	575	96	1419	0,17	0,07
3	Cámara	Cancha de fútbol	793	195	1946	0.25	0.10

(E) luminancia (lx) luxes

La figura 12 y 13, muestran los gráficos de valores en iluminación horizontal e iluminación vertical arrojados del software DIALux.

Para mejor apreciación ver Anexo 4, desde lámina 1 hasta lámina 8.

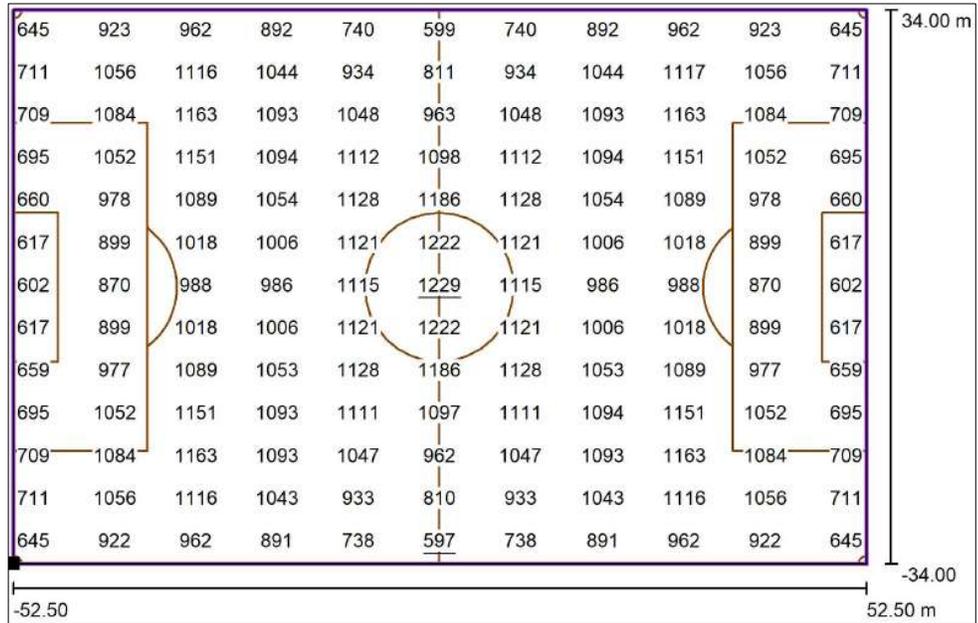


Fig. 12. Gráfico de valores E horizontal

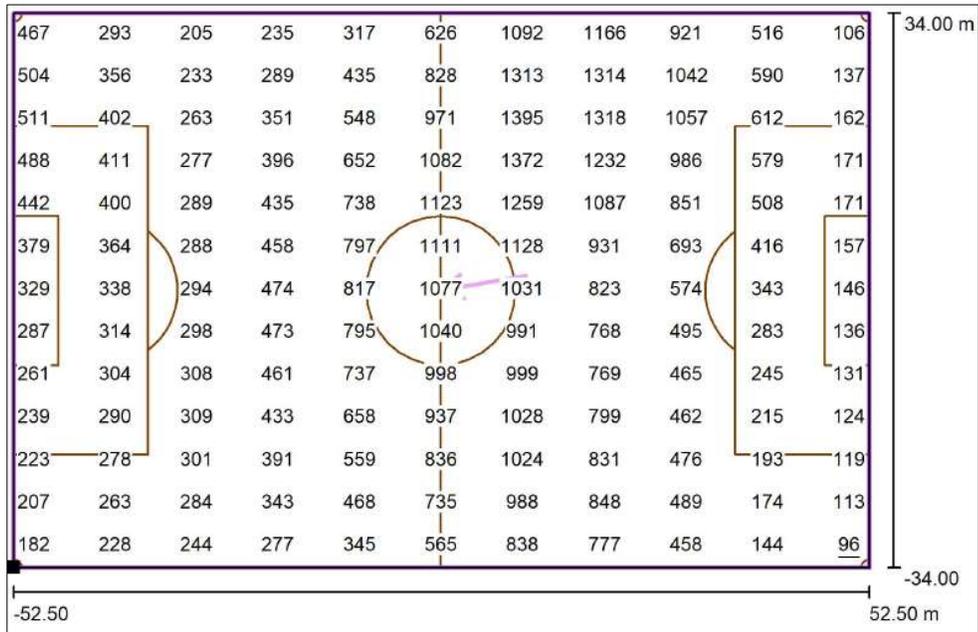


Fig. 13. Gráfico de valores E vertical

La figura 14, muestra el rendering procesado de la iluminación existente.



Fig. 14. Rendering procesado iluminación existente.

Análisis de resultados sistema de iluminación existente: primero indicar que los resultados obtenidos del modelamiento lumínico, son inherentes a características nominales de simulación correspondientes a luminarias nuevas y con la totalidad de las mismas en funcionamiento. Cabe la aclaración, debido a que se estiman valores reales con cantidades menores, esto sujeto al tiempo de vida de las lámparas y al funcionamiento parcial del conjunto.

Los resultados obtenidos de la simulación indican que los valores de iluminación vertical, iluminación horizontal y los valores de uniformidad, se encuentran fuera de los márgenes especificados por la FIFA para las Clases IV y V; además, no existe iluminación dedicada para la pista atlética.

Las características de iluminación actuales, se corresponden parcialmente a un sistema Clase III para eventos no televisados, según la FIFA, favor referirse a la tabla 16.

Para mejor comprensión referirse al Anexo 4, láminas de la 1 a la 8. Modelamiento lumínico del sistema de iluminación existente.

Tensión nominal de los sistemas existentes del estadio: la tabla 11 detalla la tensión nominal de los transformadores existentes en el estadio.

TABLA XI. TENSION NOMINAL EXISTENTE

Sistemas trifásicos de tres y cuatro hilos tensión nominal (V)	Transformadores 60 Hz	Potencia kVA
220/380	Transformador N.º 1	500
121/210	Transformador N.º 2	75

2.4.6. Levantamiento de la carga y demanda existente de los transformadores

Se desarrollaron actividades para levantamiento y actualización de las instalaciones eléctricas exteriores e interiores existentes del estadio, desde las acometidas de media y baja tensión, pasando por las acometidas de los tableros, hasta llegar a los tableros internos respectivos.

Se realizó el levantamiento de las cargas y demandas correspondientes a los transformadores N.º 1 y N.º 2 respectivamente. En las tablas 12, 13, 14, 15, 16 se muestran los valores individuales, totales de cargas y demandas.

TABLA XII. NOMENCLATURA

DESCRIPCION	ABREVIATURA
Potencia nominal individual de la carga	Pn (W)
Carga instalada	CI (kW)
Potencia activa	P (kW)
Demanda máxima de potencia activa de la carga	DMP (kW)
Demanda de potencia aparente de la carga	Sn (kVA)
Factor de utilización máximo	ku
Factor de simultaneidad	ks
Factor de potencia	FP
Coefficiente de rendimiento	η

TABLA XIII. CARGA Y DEMANDA TRANSFORMADOR N.º 1

Descripción carga	Cant. U	Pn kW	CI kW	ku	DMP kW	ks	P kW
Iluminación campo de juego							
Luminaria tipo campana de halogenuros metálicos	144	2000	288.00	1.00	288.00	1.00	288.00
VALORES TOTALES			288.00		288.00		288.00

TABLA XIV. CARGA Y DEMANDA TOTAL N.º 1

Descripción	Potencia
Carga instalada	288 kW
Demanda máxima de potencia activa de la carga	288 kW
Potencia activa	288 kW
Coefficiente de rendimiento (asumido)	0.9
Factor de potencia	0.9
Demanda de potencia aparente de la carga	356 kVA
Potencia aparente del transformador N.º 1	500 kVA

Nota: El factor de potencia es corregido mediante el banco de capacitores N.º 1

TABLA XV. CARGA Y DEMANDA TRANSFORMADOR N.º 2

Descripción carga	Cant. U	Pn kW	CI kW	ku	DMP kW	ks	P kW
Iluminación accesos							
Luminaria tipo reflector, HID	16	400	6,40	1,00	6,40	1,00	6,40
Iluminación palco / tribuna							
Luminaria tipo reflector, HID	6	400	2,40	1,00	2,40	1,00	2,40
Luminaria tipo campana, HID	16	1000	16,00	1,00	16,00	1,00	16,00
Iluminación y Fuerza cabina de control							
Luminaria LED 2x18 W	1	36	0,04	1,00	0,04	1,00	0,04
Tomacorriente 121 V	2	300	0,60	1,00	0,60	0,50	0,30
Iluminación y Fuerza cabinas prensa							
Luminaria LED 2x18 W	17	36	0,61	1,00	0,61	0,50	0,31
Tomacorriente 121 V	17	300	5,10	1,00	5,10	0,50	2,55
Iluminación y Fuerza sala de prensa							
Luminaria LED 2x18 W	6	36	0,22	1,00	0,22	0,20	0,04
Tomacorriente 121 V	2	500	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
Iluminación baños públicos							
Luminaria LED 2x18 W	18	36	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65
Iluminación y Fuerza boletería							
Luminaria LED 2x18 W	4	36	0,14	1,00	0,14	1,00	0,14
Tomacorriente 121 V	4	300	1,20	1,00	1,20	0,50	0,60
Iluminación y Fuerza camerinos							
Luminaria LED 2x18 W	30	36	1,08	1,00	1,08	0,50	0,54
Tomacorriente 121 V	20	300	6,00	1,00	6,00	0,30	1,80
Ducha eléctrica	14	3200	44,80	0,70	31,36	0,50	15,68
Iluminación túneles							
Luminaria LED 2x18 W	18	36	0,65	1,00	0,65	0,20	0,13
Iluminación y Fuerza dispensario médico							
Luminaria LED 2x18 W	2	36	0,07	1,00	0,07	0,50	0,04
Tomacorriente 121 V	2	300	0,60	1,00	0,60	0,50	0,30
Iluminación y Fuerza guardiana							

Luminaria LED 2x18 W	6	36	0,22	1,00	0,22	0,20	0,04
Tomacorriente 121 V	6	300	1,80	1,00	1,80	0,30	0,54
Iluminación y Fuerza cuarto de equipos (torres)							
Luminaria LED 2x18 W	4	36	0,14	1,00	0,14	0,50	0,07
Tomacorriente 121 V	8	300	2,40	1,00	2,40	0,20	0,48
Fuerza servicios auxiliares							
Tomacorriente 220 V	2	2000	4,00	1,00	4,00	0,50	2,00
VALORES TOTALES			96,12		82,68		51,25

TABLA XVI. CARGA Y DEMANDA TOTAL N.º 2

Descripción	Potencia
Carga instalada	96.12 kW
Demanda máxima de potencia activa de la carga	82.68 kW
Potencia activa	51.25 kW
Coefficiente de rendimiento (asumido)	0.9
Factor de potencia	0.9
Demanda de potencia aparente de la carga	63.27 kVA
Potencia aparente del transformador N.º 2	75 kVA

Nota: El factor de potencia es corregido mediante el banco de capacitores N.º 2

Para mejor apreciación ver Anexo 5 láminas 1 y 2. Tabla general de cargas existentes.

2.4.7. Diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED

Para el diseño del sistema de iluminación inteligente se fusionan equipos y componentes eléctricos existentes en buen estado, así como equipos y componentes tecnológicos para comunicación y control de las luminarias.

El ecosistema de iluminación a diseñar, se enfoca en el estudio prospectivo de infraestructura constitutiva para control, fuerza y luminarias del sistema.

Para el diseño del sistema, se utiliza metodología analítica aplicada en el siguiente orden:

- Primero: escenarios de modelamientos lumínicos necesarios, que permitan alcanzar valores lumínicos deseados e identificar cantidad de luminarias requeridas.
- Segundo: sistema eléctrico.
- Tercero: sistema de respaldo de energía
- Cuarto: sistema de protecciones atmosféricas.
- Quinto: arquitectura de comunicación y control.

El diseño se proyectó para alcanzar y superar un sistema de iluminación artificial Clase IV Nacional, es decir, que permita realizar transmisión televisada de eventos. Por tal razón, se consideró los valores recomendados de la FIFA, en cuanto a iluminación vertical 2000 Lux, iluminación horizontal 2500 Lux y uniformidad. Estos valores están indicados en la tabla 16.

Para referencia, también se indican en las tablas 17, 18 y 19 respectivamente, las especificaciones del tipo de iluminación clase I, II y III según la FIFA y las especificaciones según la CONMEBOL.

TABLA XVII. ILUMINACION EVENTOS TELEVISADOS (FIFA)

Clase	Cálculo hacia	Iluminación vertical			Iluminación horizontal			Propiedades de las lámparas	
		Ev media de las cámaras Lux	Uniformidad U1 U2		Eh media Lux	Uniformidad U1 U2		Temp. del color Tk	Rep. de color Ra
Clase IV Nacional	Cámara fija	2000	0,5	0,65	2500	0,6	0,8	> 4000	> 65
	Cámara de campo (a nivel del campo)	1400,0	0,35	0,6					
Clase V Internacional	Cámara fija	> 2400	0,6	0,7	3500	0,6	0,8	> 4000	> 65
	Cámara de campo (a nivel del campo)	1800	0,4	0,65					

Fuente: [4]

TABLA XVIII. ILUMINACION EVENTOS NO TELEVISADOS (FIFA)

Nivel de actividad	Iluminancia horizontal	Uniformidad	Temperatura del color de la lámpara	Reproducción del color de la lámpara
Clase	Eh ave (lux)	U2	Tk	Ra
Clase I Entrenamientos y juegos de recreo	200	0,5	>4,000	>65
Clase II Partido de liga y/o clubes	500	0,6	>4,000	>65
Clase III Partidos nacionales	700	0,7	>4,000	>65

Fuente: [4]

TABLA XIX. RECOMENDACIONES CONMEBOL

Años	2019	2020	2021	2022
Total, Ev	850 lux	1000 lux	1200 lux	1300 lux

Ev= Iluminación vertical

Fuente: [5]

2.4.8. Escenarios de modelamientos lumínicos

Para adquirir y analizar datos simulados, que permitan alcanzar los valores de iluminación esperados para el diseño del sistema de iluminación, se realizaron tres escenarios de modelamientos lumínicos, mediante el software de diseño DIALux. Para los modelamientos se utilizaron luminarias ArenaVisión LED, la tabla 20 detalla las características de las mismas, y en la figura 15 se describen sus dimensiones.

TABLA XX. CARACTERISTICAS LUMINARIA

DETALLE	DATOS
Flujo luminoso (luminaria)	286000 lm
Flujo luminoso (lámparas)	220000 lm
Potencia de las luminarias	1580.0 W
Clasificación luminarias según CIE	100
Código CIE Flux	93 96 99 100 130
Factor de corrección	0,99
Eficacia	89 lm/W
Temperatura color	5700 K
Voltaje de entrada	220-400 V
Control interface	Dynamix DMX
Control dimerizable	Si
Grado de protección	IP66

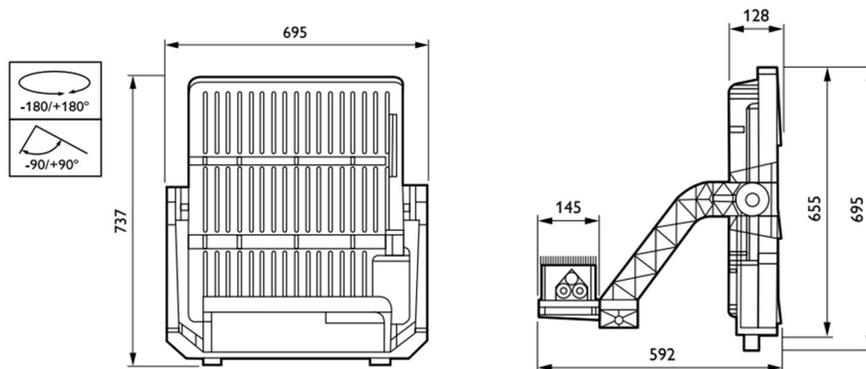


Fig. 15. Dimensiones de la luminaria ArenaVisión LED gen 3.5

La figura 16, muestra la imagen fotométrica de la luminaria a utilizar en los modelamientos planteados.

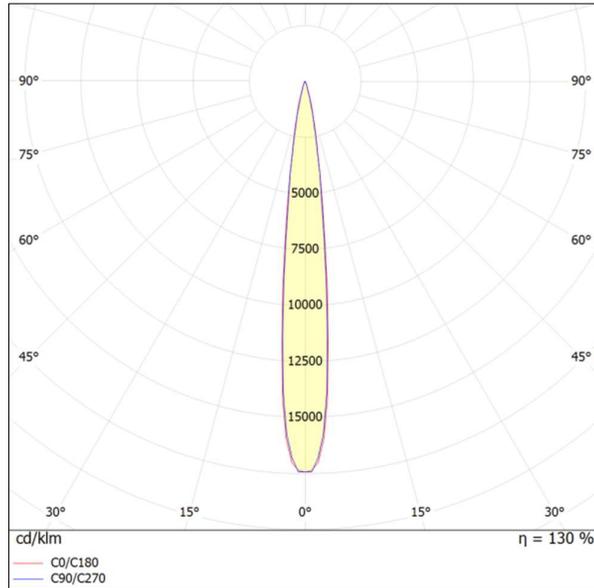


Fig. 16. Curva fotométrica

Para los modelamientos, las luminarias estuvieron ubicadas en las torres existentes y los escenarios lumínicos se simularon con las siguientes características:

- Primer escenario, para este modelamiento se utilizaron luminarias de tecnología tipo LED, en igual cantidad a las luminarias de halogenuros metálicos.
- Segundo escenario, para este modelamiento se incrementaron luminarias tipo LED, las cuales fueron dedicadas para la iluminación de la pista atlética.
- Tercer escenario, para este modelamiento se utilizaron la misma cantidad de luminarias del escenario anterior, simuladas a una mayor altura, esto permitió alcanzar uniformidad lumínica y mejorar el confort visual.

Primer escenario: para este modelamiento lumínico, se simuló la sustitución de 144 luminarias de halogenuros metálicos por 144 luminarias ArenaVisión LED generación 3.5, para conocer principalmente la cantidad de luxes obtenidos. La tabla 21, detalla los parámetros que se utilizaron para la modelación, conservando la altura de la estructura metálica.

TABLA XXI. DATOS PARA EL MODELAMIENTO I

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Largo de la cancha	105	M
2	Ancho de la cancha	68	M
3	Área del terreno de juego	7140	m2
4	Cantidad de torres	4	U
5	Altura total de la torre	30	M
6	Alto del bastidor	4.92	M
7	Ancho del bastidor	4.68	M
8	Cantidad de luminarias (LED) por torre	36	U
9	Cantidad de luminarias (LED) cancha de fútbol	144	U
10	Cantidad de luminarias (LED) pista atlética	0	U
11	Cantidad total de luminarias (LED)	144	U

Nota: se mantiene el sistema eléctrico de fuerza y de control LED (Diodo Emisor Luz), U (unidad).

La tabla 22, muestra los resultados del modelamiento lumínico I, primer escenario.

TABLA XXII. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO LUMÍNICO I

N.º Tipo	Área	Em(lx)	Emin(lx)	E _{max} (lx)	Emin/Em (lx)	Emin/E _{max} (lx)	
1	Horizontal	Cancha de fútbol	3106	1893	3882	0.61	0.49
2	Vertical	Cancha de fútbol	1816	305	4478	0.17	0.07

(E) luminancia (lx) luxes

Las figuras 17 y 18, muestran los gráficos de los valores de iluminación horizontal e iluminación vertical del primer escenario lumínico.

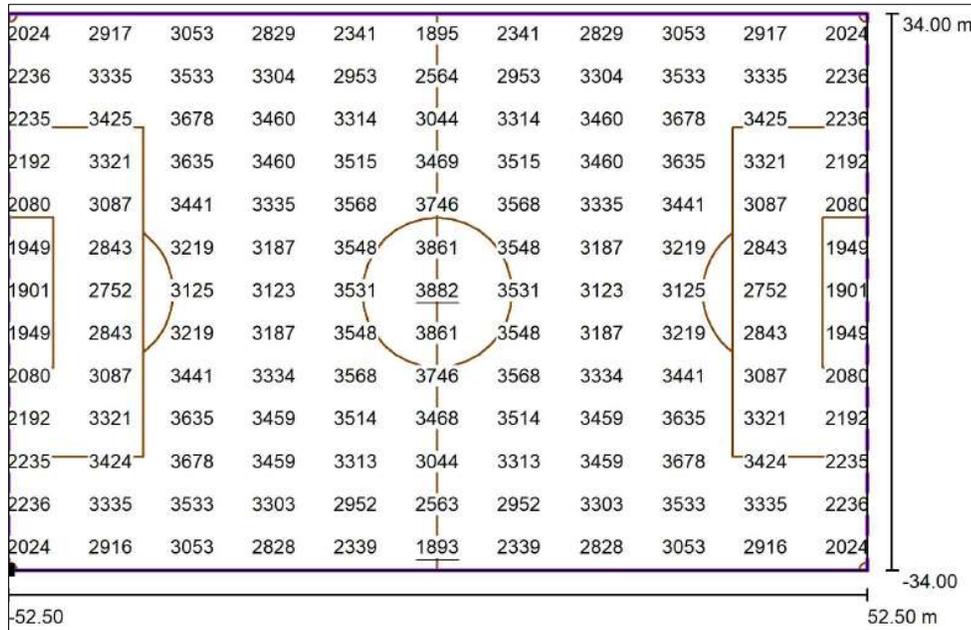


Fig. 17. Gráfico de valores E horizontal

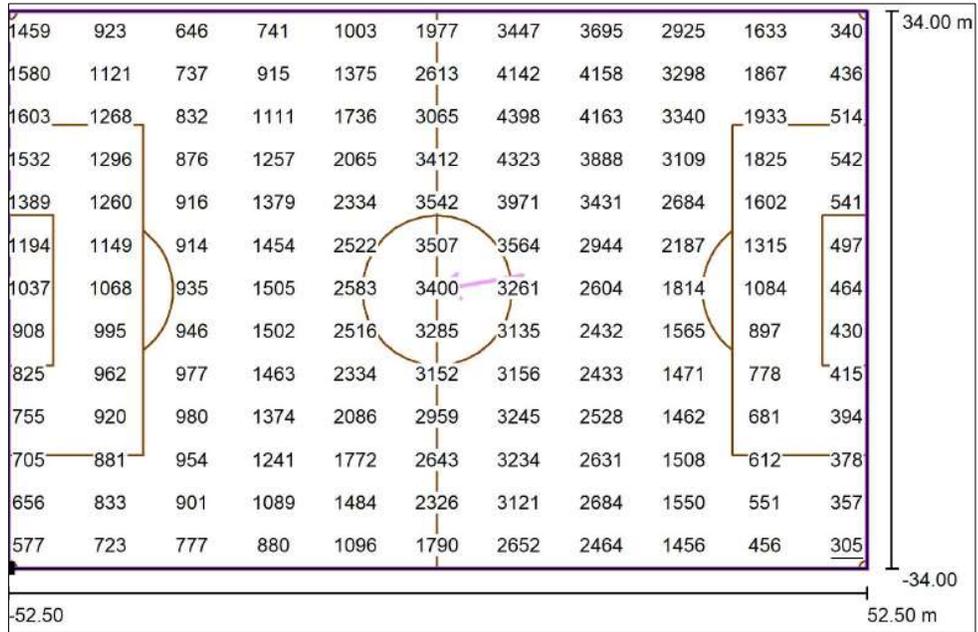


Fig. 18. Gráfico de valores E vertical

La figura 19, muestra el rendering procesado de la iluminación del primer escenario.



Fig. 19. Rendering procesado

Para mejor apreciación ver Anexo 6, láminas de la 1 a la 8. Modelamiento lumínico I, primer escenario

Análisis de resultados del primer escenario: los resultados de la simulación indican que los valores obtenidos, demuestran una evidente mejora con respecto al modelamiento lumínico del sistema existente; pero los valores de iluminación vertical, iluminación horizontal y los valores de uniformidad, se encuentran fuera de los márgenes especificados por la FIFA para una Clase IV; además, no existe iluminación dedicada para la pista atlética.

La tabla 23, hace una comparación de los valores del sistema de iluminación actual y el primer escenario de modelamiento lumínico.

TABLA XXIII. ILUMINACION EXISTENTE VS MODELAMIENTO

Ítem	Tipo	Existente	I Modelamiento
1	Horizontal – Em(lx)	982	3106
2	Vertical – Em(lx)	575	1816

Segundo escenario: para este modelamiento lumínico, se simuló el incremento de una fila al bastidor de 6 luminarias tipo LED por torre (168 luminarias), esta fila de luminarias está dedicada para iluminar la pista atlética.

La tabla 24, detalla los parámetros que se utilizaron para la modelación, conservando la altura de la estructura metálica y modificando la altura del bastidor.

TABLA XXIV. DATOS PARA EL MODELAMIENTO II

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Largo de la cancha	105	M
2	Ancho de la cancha	68	M
3	Área del terreno de juego	7140	m2
4	Cantidad de torres	4	U
5	Altura total de la torre	30	M
6	Alto del bastidor	5.90	M
7	Ancho del bastidor	4.68	M
8	Cantidad de luminarias (LED) por torre	42	U
9	Cantidad de luminarias (LED) cancha de fútbol	144	U
10	Cantidad de luminarias (LED) pista atlética	24	U
11	Cantidad total de luminarias (LED)	168	U

Nota: se mantiene el sistema eléctrico de fuerza y de control LED (Diodo Emisor Luz), U (unidad)

La tabla 25, muestra los resultados del modelamiento lumínico II, segundo escenario.

TABLA XXV. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO LUMÍNICO II

N.º Tipo	Área	Em(lx)	Emin(lx)	E _{max} (lx)	Emin/Em (lx)	Emin/E _{max} (lx)
1 Horizontal	Cancha de fútbol	3359	1630	4547	0.49	0.36
2 Vertical	Cancha de fútbol	1729	271	4375	0.16	0.06
3 Perpendicular	Pista atlética	972	434	2015	0.45	0.22

(E) luminancia (lx) luxes

Las figuras 20, 21 y 22 muestran los gráficos de los valores de iluminación horizontal e iluminación vertical del segundo escenario lumínico.

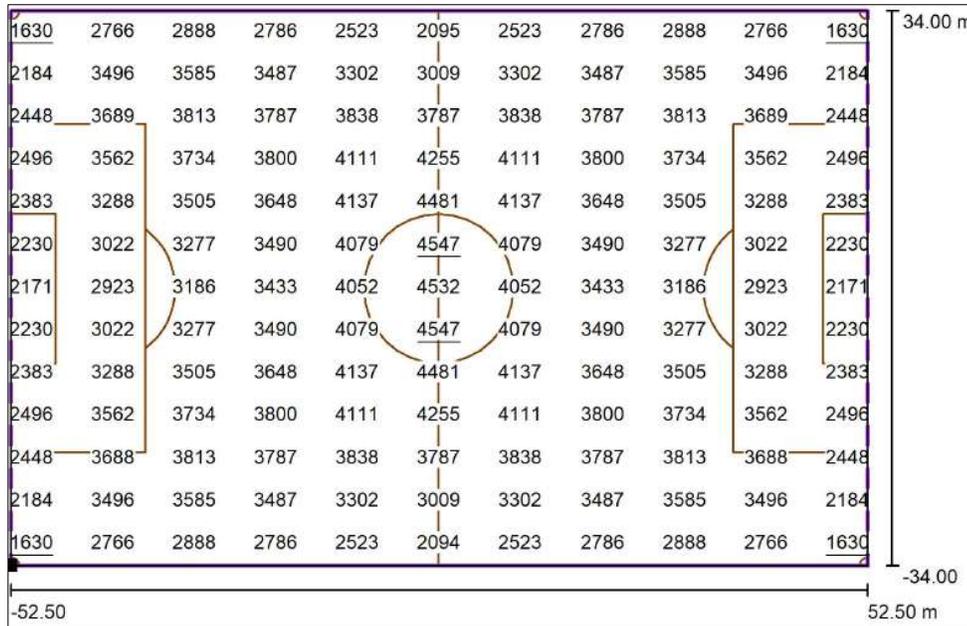


Fig. 20. Gráfico de valores E horizontal

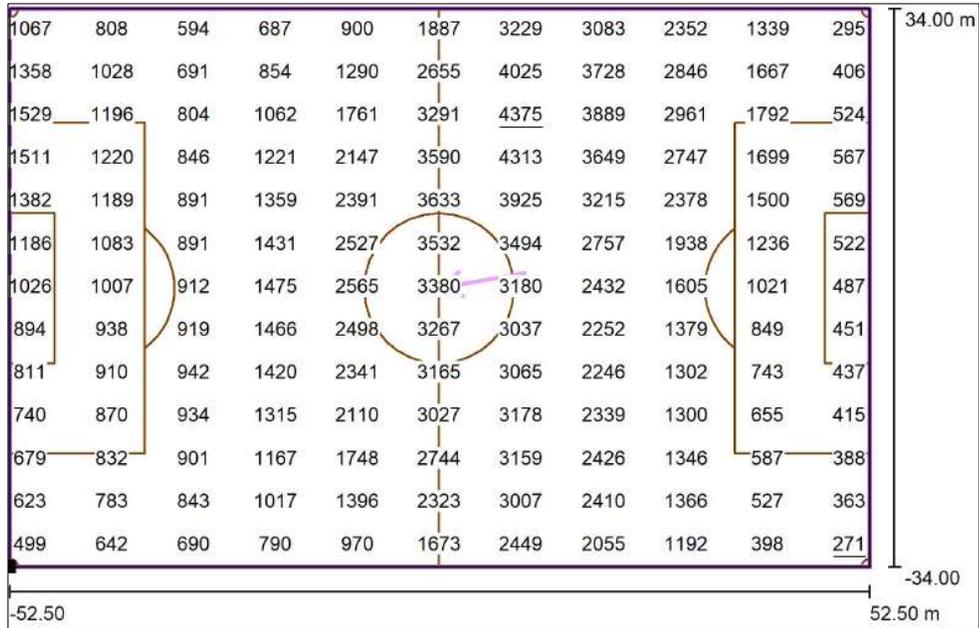


Fig. 21. Gráfico de valores E vertical

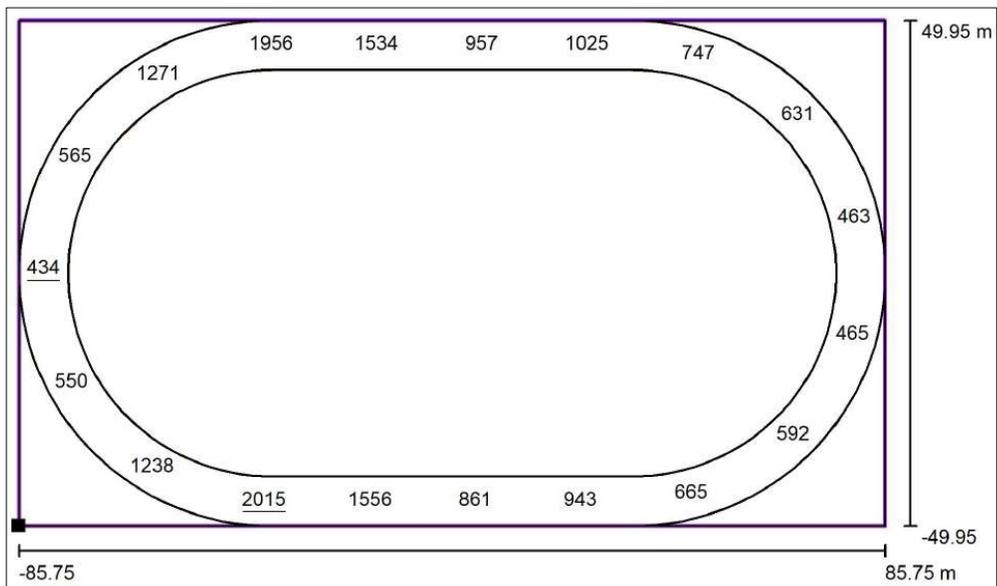


Fig. 22. Gráfico de valores E perpendicular

La figura 23, muestra el rendering procesado de la iluminación del segundo escenario.



Fig. 23. Rendering procesado

Para mejor apreciación ver Anexo 7, láminas de la 1 a la 10. Modelamiento lumínico II, segundo escenario

Análisis de resultados del segundo escenario: los resultados de la simulación indican que la cantidad de luminarias incrementadas, suministran una iluminación apropiada para la pista atlética. Esta simulación también indica que los valores obtenidos demuestran una evidente mejora con respecto al escenario I; pero los valores de iluminación vertical, iluminación horizontal y los valores de uniformidad, todavía se encuentran fuera de los márgenes especificados por la FIFA para una Clase IV.

La tabla 26, hace una comparación de los valores del primer y segundo escenario de iluminación.

TABLA XXVI. I MODELAMIENTO VS II MODELAMIENTO

Ítem	Tipo	I Modelamiento	II Modelamiento
1	Horizontal – Em(lx)	3106	3359
2	Vertical – Em(lx)	1816	1729
3	Perpendicular – Em(lx) pista atlética	0	972

Tercer escenario: en base a los dos escenarios anteriores y los resultados arrojados del modelamiento lumínico, se realizó un tercer y definitivo escenario, la tabla 27 muestra las modificaciones en altura de las torres, así como la de los bastidores.

TABLA XXVII. DATOS PARA EL MODELAMIENTO III

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Largo de la cancha	105	M
2	Ancho de la cancha	68	M
3	Área del terreno de juego	7140	m2
4	Cantidad de torres	4	U
5	Altura total de la torre	35	m
6	Alto del bastidor	5.90	m
7	Ancho del bastidor	4.68	m
8	Cantidad de luminarias (LED) por torre	42	U
9	Cantidad de luminarias (LED) cancha de fútbol	144	U
10	Cantidad de luminarias (LED) pista atlética	24	U
11	Cantidad total de luminarias (LED)	168	U

LED (Diodo Emisor Luz), U (unidad)

La tabla 28, muestra los resultados del modelamiento lumínico III, tercer escenario.

TABLA XXVIII. RESULTADOS DEL MODELAMIENTO LUMÍNICO III

N.º	Tipo	Área	Em(lx)	Emin(lx)	E _{max} (lx)	E _{min} /E _m (lx)	E _{min} /E _{max} (lx)
1	Horizontal	Cancha de fútbol	3794	2673	4674	0.70	0.57
2	Vertical	Cancha de fútbol	1834	392	4938	0.21	0.08
3	Cámara fija	Cancha de fútbol	2617	709	7352	0.27	0.10
4	Perpendicular	Pista atlética	1167	437	2481	0.37	0.18

(E) luminancia (lx) luxes

Las figuras 24 y 25, muestran los gráficos de los valores de iluminación horizontal e iluminación vertical del tercer escenario lumínico, y la figura 26 muestra el gráfico de los valores de iluminación perpendicular de la pista atlética.

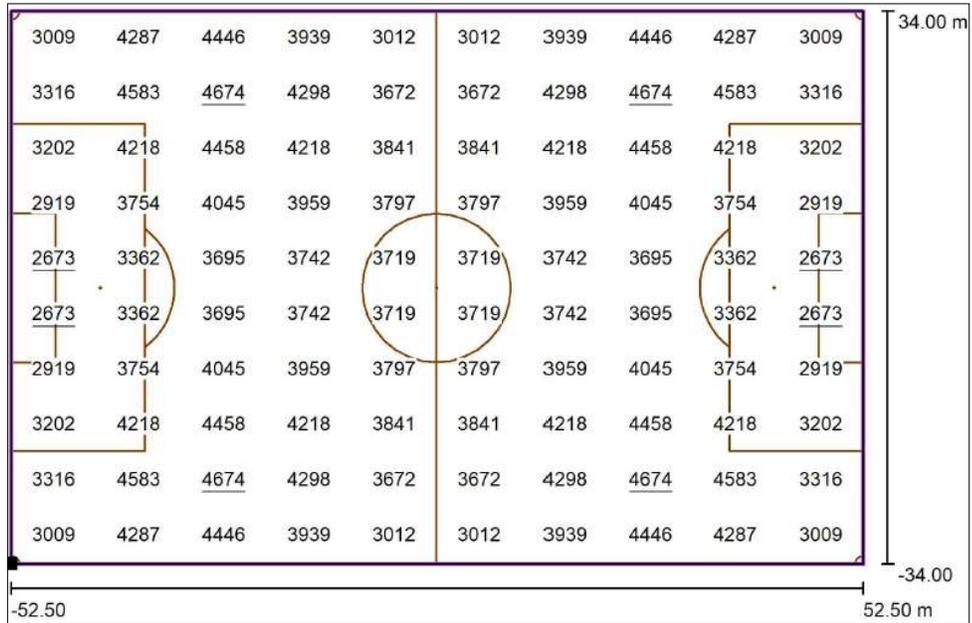


Fig. 24. Gráfico de valores E horizontal

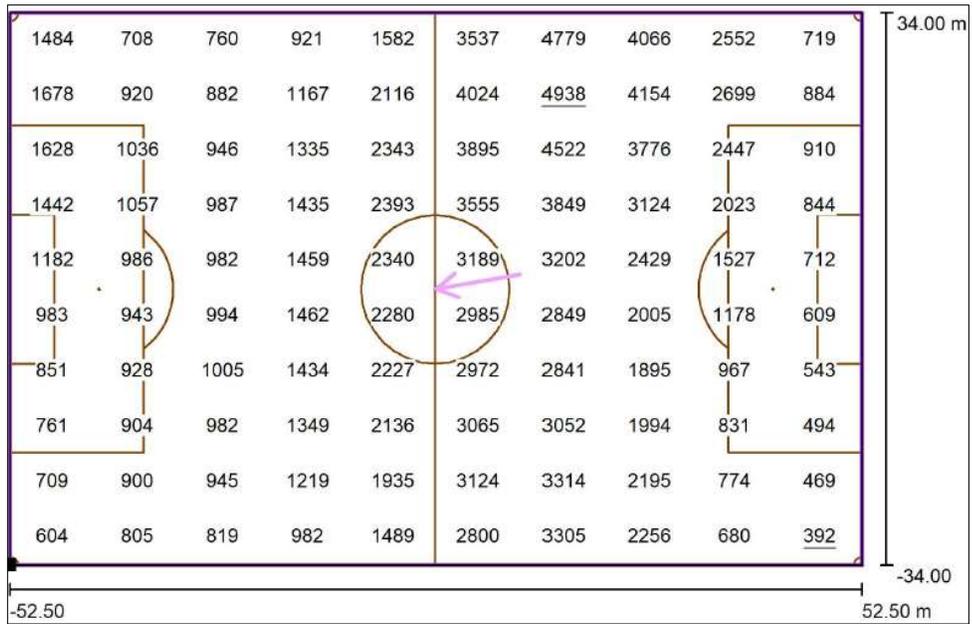


Fig. 25. Gráfico de valores E vertical

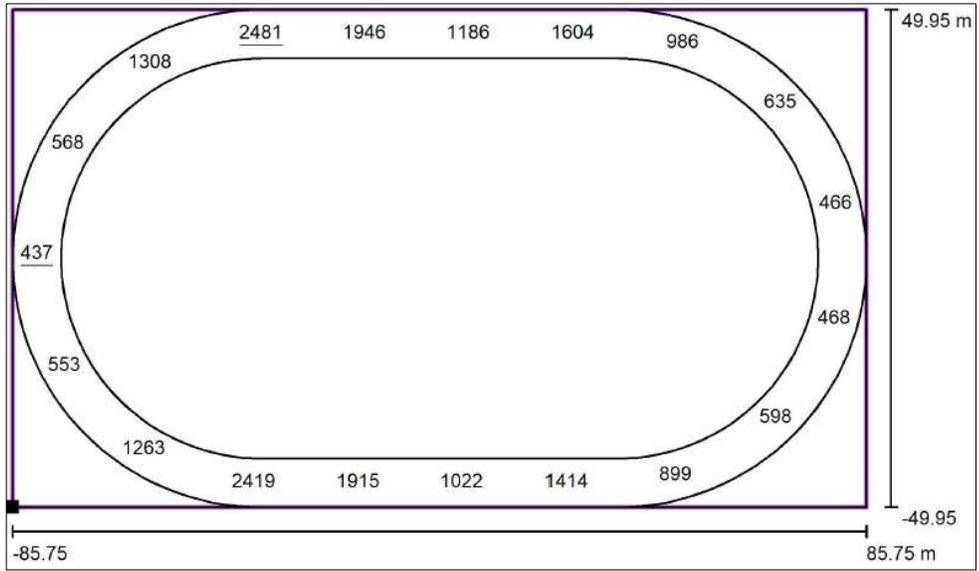


Fig. 26. Gráfico de valores E perpendicular

La figura 27, muestra el rendering procesado de la iluminación del tercer escenario.



Fig. 27. Rendering procesado

Para mejor apreciación ver Anexo 8, láminas de la 1 a la 11. Modelamiento lumínico III, tercer escenario

Análisis de resultados del tercer escenario: una vez incrementada la altura de las torres, los resultados de la simulación indican que los valores obtenidos demuestran una evidente mejora, con respecto al segundo escenario. Los valores de iluminación vertical, iluminación horizontal y los valores de uniformidad, se encuentran dentro de los márgenes especificados por la FIFA para una Clase IV y superan los valores especificados por la CONMEBOL.

Los resultados indican que se alcanzaron los valores propuestos; esto, sin que se requiera adicionar luminarias en otras ubicaciones diferentes a las torres.

La tabla 29 hace una comparación de los valores del segundo y tercer escenario de iluminación.

TABLA XXIX. II MODELAMIENTO VS III MODELAMIENTO

Ítem	Tipo	II Modelamiento	III Modelamiento
1	Horizontal – Em(lx)	3359	3794
2	Vertical – Em(lx)	1729	1834
3	Perpendicular – Em(lx) pista atlética	972	1167

Cantidad de luminarias: el tercer y definitivo escenario de modelamiento lumínico, exterioriza que se requieren 42 luminarias por torre, 36 luminarias (6 filas) para iluminación del área de fútbol y 6 luminarias (1 fila) para iluminación de la pista atlética, dando un total de 168 luminarias. Para mejor apreciación ver Anexo 8. Modelamiento lumínico III, tercer escenario.

2.4.9. Diseño del sistema eléctrico normal

Equipos y acometidas del sistema eléctrico principal existente: se describen los componentes eléctricos en buen estado, que se utilizaran para la conexión en media y baja tensión. La tabla 30 describe los componentes eléctricos existentes en buen estado, que se utilizaran para la conexión en media y baja tensión.

TABLA XXX. COMPONENTES ELÉCTRICOS REUTILIZABLES

Ítem	Descripción
1	Acometida trifásica de media tensión 13800 V
2	Trafo N.º 1 500 kVA 13800/380/220 V
3	Trafo N.º 2 75 kVA 13800/210/121 V
4	Cuadro de interruptores seccionadores fusibles NH trifásicos
5	Banco de capacitores N.º 2 corrección FP transformado N.º 2
6	Contador de energía y sus respectivos TCs y TPs.
7	Acometidas trifásicas en baja tensión N.º 1 a 4 (380v)
8	Acometidas trifásicas en baja tensión N.º 5 a 9 (210 v)

Las luminarias tipo LED seleccionadas tienen un factor de potencia de 0.99, por esta razón, no se requiere del banco de capacitores N.º 1.

No se requerirán modificaciones que impliquen trámites o aprobaciones en ELEPCO S.A.

La figura 28, detalla el diagrama unifilar de media y baja tensión del sistema de iluminación diseñado; así como, el diagrama unifilar del sistema de respaldo de energía y sistemas eléctricos transformador N.º 1.

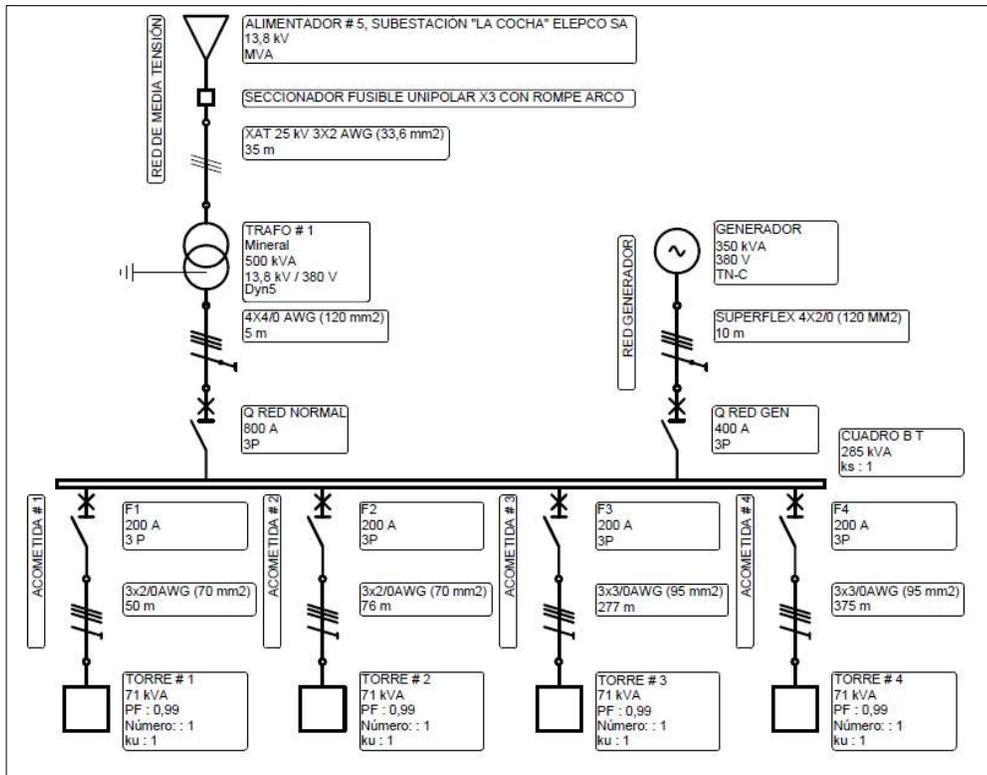


Fig. 28. Diagrama unifilar de media y baja tensión transformador N.º 1

Cálculo de las caídas de tensión de las acometidas: para el cálculo de las caídas de tensión se utilizó el software libre Electric Calculation Tool de Schneider Electric. La tabla 31, muestra los parámetros para el cálculo de caída de tensión de las cuatro torres.

TABLA XXXI. PARAMETROS PARA CALCULOS DE LAS ACOMETIDAS

Parámetros	Acometida 1	Acometida 2	Acometida 3	Acometida 4
Longitud	50 m	76 m	277 m	375 m
Número de conductores por fase	1	1	1	1
Sección (CSA) de fase	70 mm ²	70 mm ²	95 mm ²	95 mm ²
Aislamiento	PVC	PVC	PVC	PVC
Material del conductor	Cobre	Cobre	Cobre	Cobre
Tipo de cable	Multiconductor	Multiconductor	Multiconductor	Multiconductor
Tipo de receptor	3F	3F	3F	3F
Tensión nominal	380 V	380 V	380 V	380 V
Carga	66.36 kW	66.36 kW	66.36 kW	66.36 kW
Factor de potencia de carga	0,99	0,99	0,99	0,99
Caída de tensión permitida	5%	5%	5%	5%
Frecuencia	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz

La tabla 32, muestra los resultados de las caídas de tensión de las acometidas de las cuatro torres de iluminación.

TABLA XXXII. RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

Detalle	Acometida 1	Acometida 2	Acometida 3	Acometida 4
Caída de tensión en %	0,85	1,3	3,5	4,8
Caída de tensión en voltios	3,2	4,9	13	18
Longitud máxima de caída de tensión permitida	294,64 m	294,64 m	392,97 m	392,97 m

La tabla 33, muestra los valores de caída de tensión de las acometidas de las torres, obtenidas mediante el software libre Electric Calculation Tool de Schneider.

TABLA XXXIII. CAIDAS DE TENSION ACOMETIDAS

Parámetro	Acom1	Acom 2	Acom 3	Acom 4
Longitud	46	76	277	375
Caída de tensión en %	0,78	1,3	3,5	4,8
Caída de tensión en voltios	3	4,9	13	18
Longitud máxima de caída de tensión permitida	235,71 m	235,71	314,38 m	314,38 m

Mediante los valores obtenidos se puede evidenciar que mientras más distante es el conductor mayor es la caída de tensión.

La figura 29, detalla el diagrama unifilar de media y baja tensión del sistema de iluminación diseñado, sistemas eléctricos transformador N.º 2.

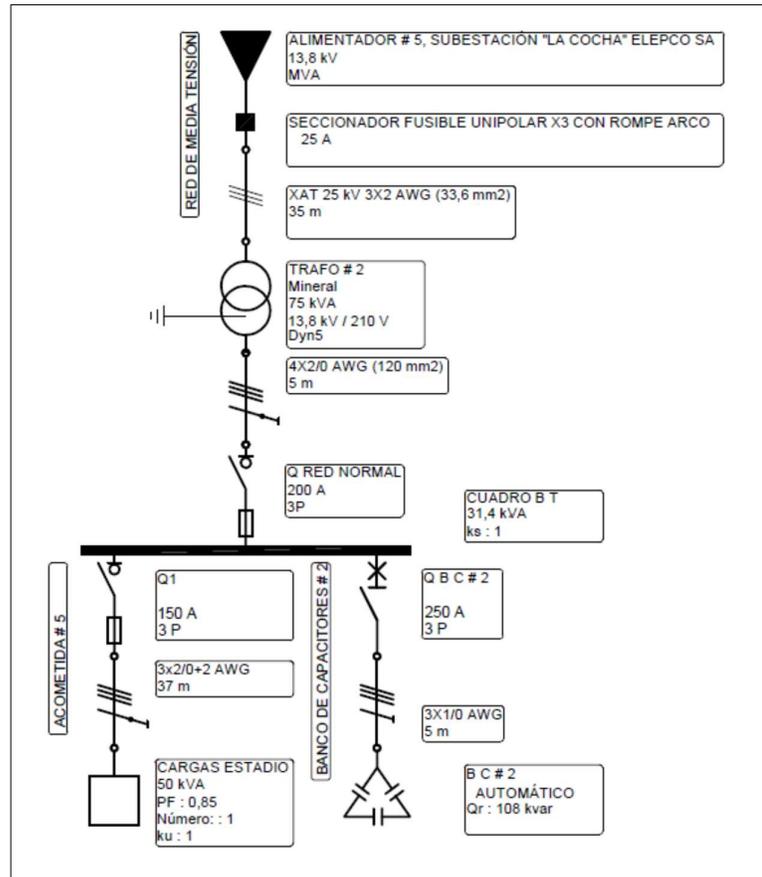


Fig. 29. Diagramas unifilares de media y baja tensión transformador N.º 2

Para mejor apreciación ver Anexo 9, lámina 1. Diagramas unifilares media y baja tensión sistemas eléctricos.

Aparamenta del sistema eléctrico principal existente: la tabla 34 describe la aparamenta en buen estado para conexión de fuerza, seccionamiento y protección de las luminarias. El detalle hace referencia a la aparamenta para las 4 torres de iluminación.

TABLA XXXIV. COMPONENTES ELÉCTRICOS REUTILIZABLES

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Gabinete metálico doble fondo 800x600x200 mm	4
2	Breaker caja moldeada 3polos 250 A	4
3	Barraje trifásico L1, L2, L3	4
4	Breaker sobrepuesto 2 polos 32 A	28
5	Breaker sobrepuesto 1 polo 4 A	4
6	Contactador 3 polos, AC3.15kW, 32 ^a	36
7	Selector 2 posiciones ON/OFF	4

Se necesita adicionar componentes eléctricos para el control y protección del nuevo sistema de iluminación, la tabla 35 describe los elementos requeridos.

TABLA XXXV. COMPONENTES ELÉCTRICOS ADICIONALES

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Breaker sobrepuesto 2 polos 10 A	84
2	Contactador auxiliar 3 polos, AC3	4

Alimentación luminarias tipo LED 1580 W 380 VAC: se utilizará el conductor existente 2x10 AWG (5.26 mm²), para instalar 84 circuitos de iluminación (1 circuito por cada 2 luminarias). Cada circuito tendrá una distancia promedio de 42 metros.

Cálculo de las caídas de tensión de los circuitos que alimentan las luminarias: para el cálculo de las caídas de tensión se utilizó el software libre Electric Calculation Tool de Scheneider Electric. La tabla 36, muestra los parámetros para el cálculo de caída de tensión del circuito N.º 1 que alimenta la luminaria N.º 1 y N.º 2

TABLA XXXVI. PARAMETROS DEL CIRCUITO

Parámetros	Circuito 1
Longitud	42 m
Número de conductores por fase	1
Sección (CSA) de fase	5.26 mm ²
Aislamiento	PVC
Material del conductor	Cobre
Tipo de cable	Multiconductor
Tipo de receptor	2F
Tensión nominal	380 V
Carga	3.16 kW
Factor de potencia de carga	0,99
Caída de tensión permitida	5%
Frecuencia	60 Hz

La tabla 37, muestra los resultados de las caídas de tensión de las acometidas de las cuatro torres de iluminación.

TABLA XXXVII. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

Detalle	Circuito 1
Caída de tensión en %	0,65
Caída de tensión en voltios	2,5
Longitud máxima de caída de tensión permitida	321,09 m

Nota: este cálculo se aplica para todos los circuitos que alimentan las luminarias de las torres.

Estos son los componentes eléctricos que serán reutilizados para el sistema de iluminación de la cancha de fútbol y pista atlética. Las figuras 30, 31 y 32 contiene los diagramas electrotécnicos de los circuitos de fuerza de la torre N.º 1; así como también, los lasos de conexión que interconectan a los drivers IoT con la arquitectura de comunicación y control, esto aplica para las torres N.º 2, N.º 3 y numero 4.

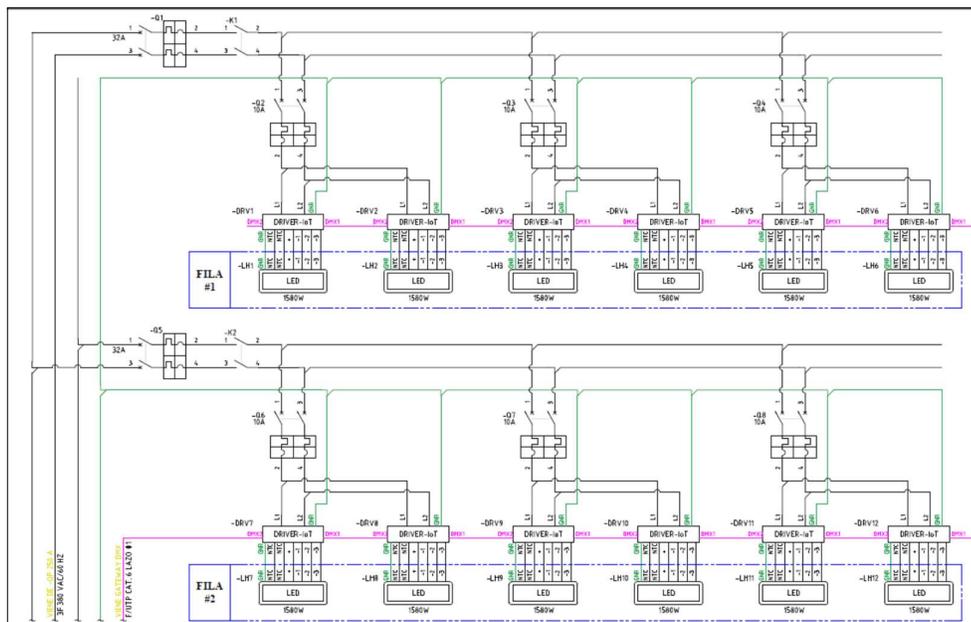


Fig. 30. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 1 y fila 2.

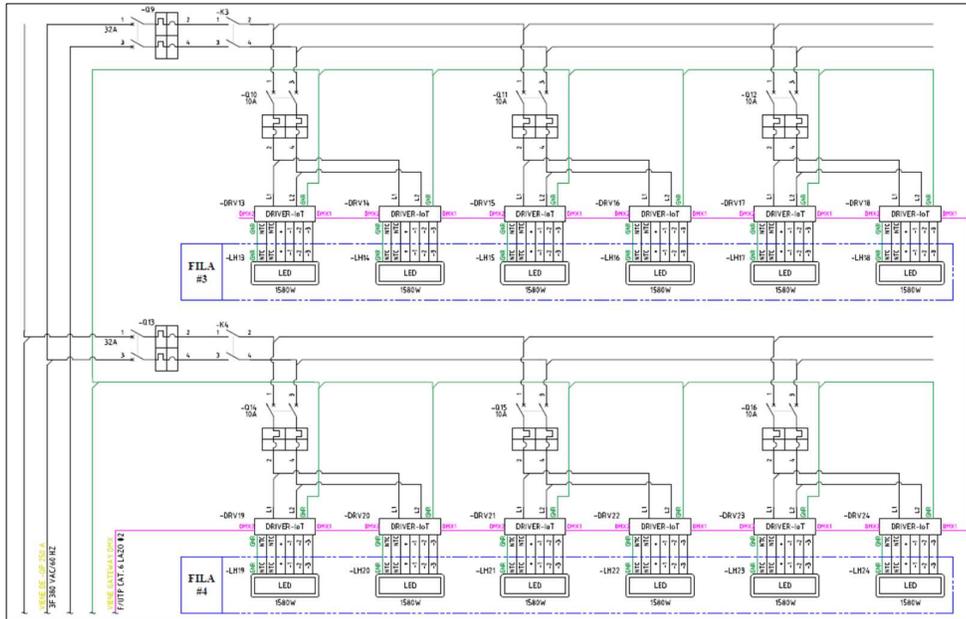


Fig. 31. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 3 y fila 4

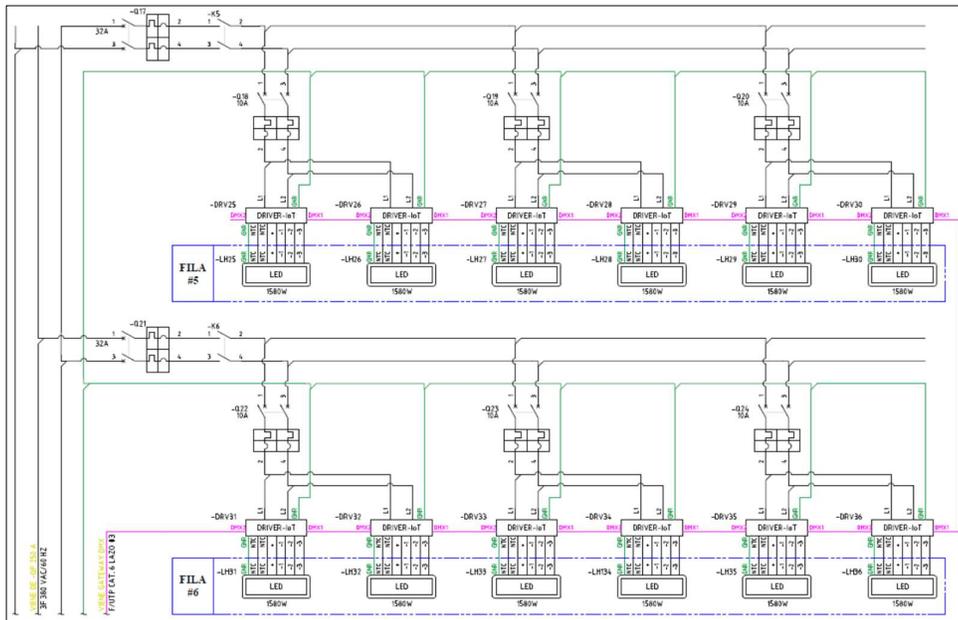


Fig. 32. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 4 y fila 5

La figura 32, contiene los diagramas electrotécnicos de los circuitos de fuerza de la torre N.º 1 fila 7 de las luminarias; así como también, los lasos de conexión que interconectan a los drivers IoT con a la arquitectura de comunicación y control, esto aplica para las torres N.º 2, N.º 3 y N.º 4.

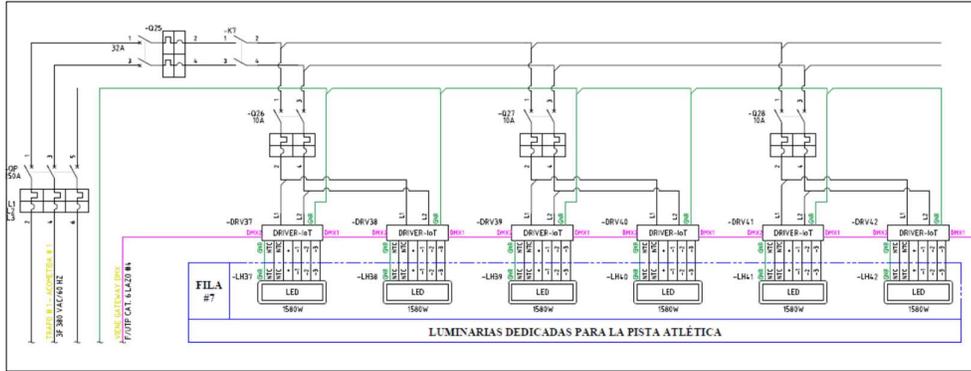


Fig. 33. Diagramas electrotécnicos de fuerza de la fila 7 Pista atlética.

La figura 33, contiene los diagramas electrotécnicos de los circuitos de fuerza y control de los tableros de control de las torres N.º 1, N.º 2, N.º 3, N.º 4.

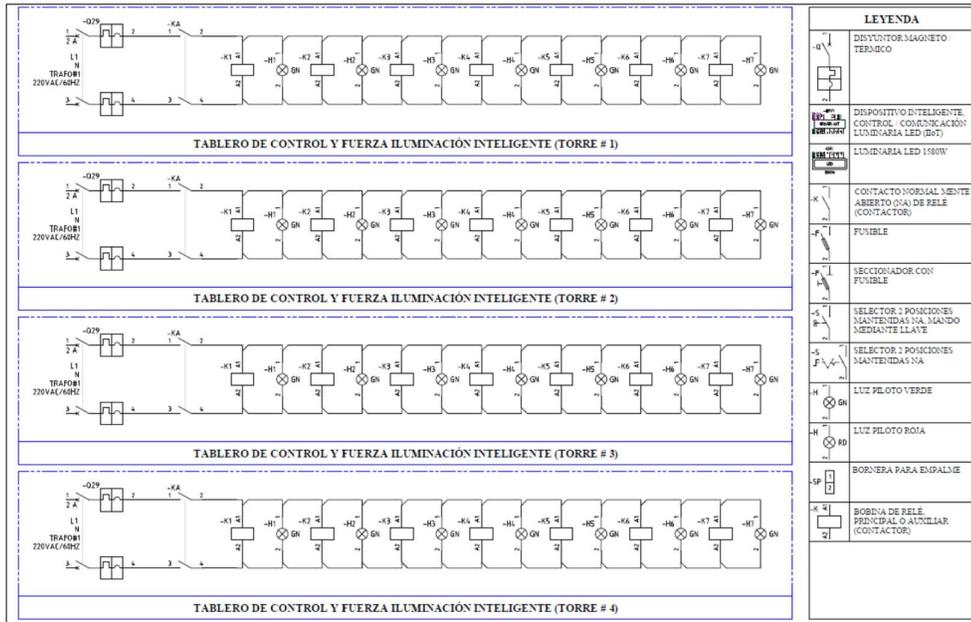


Fig. 34. Diagrama electrotécnico de fuerza y control torres

La figura 34, contiene los diagramas electrotécnicos de los circuitos de fuerza y control manual de las torres N.º 1, N.º 2, N.º 3 y N.º 4.

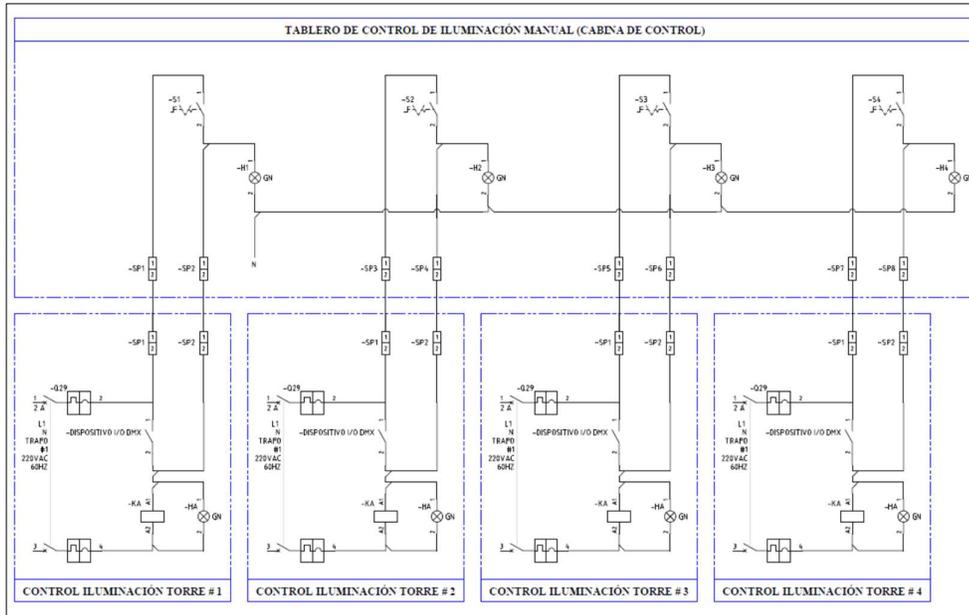


Fig. 35. Diagrama electrotécnico de fuerza y control manual torres.

Para mejor apreciación ver Anexo 10, láminas de la 1 a la 6. Diagramas electrotécnicos circuitos de fuerza y control, sistema diseñado.

2.4.10. Cálculo de la carga del sistema eléctrico diseñado

La implementación de luminarias tipo LED y el sistema de control inteligente, permitió diseñar un sistema eléctrico mejorado, el cual optimizará la calidad de la energía y permitirá mayor capacidad de carga.

Se realizó el diseño de las cargas y demandas correspondientes a los transformadores N.º 1 y N.º 2 respectivamente. Las tablas 38, 39, 40, 41 y 42 muestran los valores individuales, totales de cargas y demandas.

TABLA XXXVIII. NOMENCLATURA

DESCRIPCION	ABREVIATURA
Potencia nominal individual de la carga	Pn (W)
Carga instalada	CI (kW)
Potencia activa	P (kW)
Demanda máxima de potencia activa de la carga	DMP (kW)
Demanda de potencia aparente de la carga	Sn (kVA)
Factor de utilización máximo	ku
Factor de simultaneidad	ks
Factor de potencia	FP
Coefficiente de rendimiento	η

TABLA XXXIX. CARGA Y DEMANDA TRANSFORMADOR N.º 1

Descripción carga	Cant. U	Pn kW	CI kW	ku	DMP kW	ks	P kW
Iluminación campo de juego							
Luminaria LED ArenaVisión gen 3.5	168	1580	265.44	1.00	265.44	1.00	265.44
VALORES TOTALES			265.44		265.44		265.44

TABLA XL. CARGA Y DEMANDA DISEÑADA TOTAL N.º 1

Descripción	Potencia
Carga instalada	265.44 kW
Demanda máxima de potencia activa de la carga	265.44 kW
Potencia activa	265.44 kW
Coefficiente de rendimiento	0.94
Factor de potencia	0.99
Demanda de potencia aparente de la carga	285.41 kVA
Potencia aparente del transformador N.º 1	500 kVA

Nota: no se requiere de banco de capacitores, debido al factor de potencia nominal de las luminarias (0.99)

TABLA XLI. CARGA Y DEMANDA TRANSFORMADOR N.º 2

Descripción carga	Cant. U	Pn kW	CI kW	ku	DMP kW	ks	P kW
Iluminación palco / tribuna							
Luminaria LED tipo reflector	12	150	1.80	1,00	1.80	1,00	1.80
Iluminación y Fuerza cabina de control							
Luminaria LED 2x18 W	1	36	0,04	1,00	0,04	1,00	0,04
Tomacorriente 121 V	2	300	0,60	1,00	0,60	0,50	0,30
Iluminación y Fuerza cabinas prensa							
Luminaria LED 2x18 W	17	36	0,61	1,00	0,61	0,50	0,31
Tomacorriente 121 V	17	300	5,10	1,00	5,10	0,50	2,55
Iluminación y Fuerza sala de prensa							
Luminaria LED 2x18 W	6	36	0,22	1,00	0,22	0,20	0,04
Tomacorriente 121 V	2	500	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
Iluminación baños públicos							
Luminaria LED 2x18 W	18	36	0,65	1,00	0,65	1,00	0,65
Iluminación y Fuerza boletería							
Luminaria LED 2x18 W	4	36	0,14	1,00	0,14	1,00	0,14
Tomacorriente 121 V	4	300	1,20	1,00	1,20	0,50	0,60
Iluminación y Fuerza camerinos							
Luminaria LED 2x18 W	30	36	1,08	1,00	1,08	0,50	0,54
Tomacorriente 121 V	20	300	6,00	1,00	6,00	0,30	1,80
Ducha eléctrica	14	3200	44,80	0,70	31,36	0,50	15,68
Iluminación túneles							
Luminaria LED 2x18 W	18	36	0,65	1,00	0,65	0,20	0,13
Iluminación y Fuerza dispensario médico							

Luminaria LED 2x18 W	2	36	0,07	1,00	0,07	0,50	0,04
Tomacorriente 121 V	2	300	0,60	1,00	0,60	0,50	0,30
Iluminación y Fuerza guardianía							
Luminaria LED 2x18 W	6	36	0,22	1,00	0,22	0,20	0,04
Tomacorriente 121 V	6	300	1,80	1,00	1,80	0,30	0,54
Iluminación y Fuerza cuarto de equipos (torres)							
Luminaria LED 2x18 W	4	36	0,14	1,00	0,14	0,50	0,07
Tomacorriente 121 V	8	300	2,40	1,00	2,40	0,20	0,48
Fuerza servicios auxiliares							
Tomacorriente 220 V	2	2000	4,00	1,00	4,00	0,50	2,00
VALORES TOTALES			73.12		59.68		28.25

TABLA XLII. CARGA Y DEMANDA DISEÑADA TOTAL N.º 2

Descripción	Potencia
Carga instalada	73.12 kW
Demanda máxima de potencia activa de la carga	59.68 kW
Potencia activa	28.25 kW
Coefficiente de rendimiento	0.9
Factor de potencia	1
Demanda de potencia aparente de la carga	31.40 kVA
Potencia aparente del transformador N.º 2	75 kVA

Nota: el factor de potencia es corregido mediante el banco de capacitores N.º 2

Para mejor comprensión referirse al Anexo 11, lámina 1 y 2. Tabla general de cargas diseñadas de iluminación.

2.4.11. Diseño del sistema de respaldo de energía eléctrica

Es requerimiento normado nacional e internacional, que los estadios de fútbol mantengan un sistema de respaldo de energía eléctrica, el cual deberá ser confiable. El estadio no cuenta con este sistema, por lo que se procede con el diseño del mismo.

Dimensionamiento del grupo electrógeno: para dimensionar el grupo electrógeno, se tomó como punto de partida, los 285.41 kVA de potencia aparente de la carga, valor proporcionado por tabla 37 correspondiente a la carga y demanda total diseñada, transformador N.º 1.

Condiciones obligatorias a cumplir:

- Motor turbo diésel diseñado para trabajar eficientemente a una altitud de 3000 msnm

- Potencia de emergencia necesaria, para arranque simultaneo carga de tipo LED, en caso de emergencia.
- Trifásico
- Tensión de línea 380 VAC
- Frecuencia 60 Hz
- 1800 rpm
- Factor de potencia 0.9
- Cabina insonora, para mermar ruido

Para disponer de capacidad de reserva, se incrementó un 20% a los 285.41 kVA, dando como resultado 342,49 kVA. El grupo electrógeno adecuado para alimentar la carga diseñada y posibles incrementos de la misma, será uno de 350 kVA.

Se requerirá construir un cuarto para generador, el cual deberá estar próximo a la cámara de transformación, para facilitar el montaje del tablero de trasferencia automático. Para la construcción de este, se deberá tener presente las dimensiones del equipo; así como, facilitar la recirculación de aire, que permita ventilar al grupo electrógeno, entre otras recomendaciones.

Equipos y materiales del sistema de respaldo de energía eléctrica: la tabla 43 describe los equipos y materiales necesarios para el diseño del sistema de energía de respaldo.

TABLA XLIII. COMPONENTES ELÉCTRICOS DIMENSIONADOS

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Armario doble fondo pesado, frente muerto, cerradura con llave	1
2	Breaker 3p caja moldeada de 800 A	1
3	Módulo para control y supervisión de transferencia automática 24 VDC COMAP INTELI ATS PWR	1
4	Cargador y mantenedor de batería automático 24 VDC COMAP	1
5	Porta fusible cilíndrico de 38 mm	21
6	Fusible cilíndrico de acción instantánea (gR) de 38 mm	21
7	Contactador AC1 4 polos 800A con bloqueo mecánico	2
8	Relé 24 VDC	3
9	Barraje de cobre trifásico + neutro + tierra 60x10 mm 985 A	1
10	Juego de aisladores para barraje	1
11	Transformador de corriente TC 400/5 A	3
12	Cable SUPERFLEX N.º 4/0 AWG (120 mm ²)	50
13	Cable SUPERFLEX N.º 16 AWG (1,5 mm ²)	150
14	Cable SUPERFLEX N.º 4x16 AWG (1,5mm ²)	20

15	Terminal de ojo N.º 4/0 AWG (120 mm ²)	24
16	Pernos cadmiados 1/4"x3/4" con tuerca y rodela de presión	24
17	Terminal puntera N.º 16 AWG (1,5 mm ²)	300
18	Luz piloto verde 22 mm	1
19	Luz piloto rojo 22 mm	3
20	Selector 2 posiciones ON/OFF 22 mm	1
21	Pulsador Z, paro de emergencia	1
22	Canaleta ranurada (varias dimensiones)	
23	Módulo para supervisión de energía PowerLogic PM5500	1
24	Transformador de corriente TC 800/5 A	3

Control automático de red eléctrica normal / generador: la tabla 44 describe el funcionamiento preconfigurado del módulo de transferencia, para tiempos requeridos en la transición correcta y el funcionamiento oportuno al tener un corte de energía fortuito o una falla eléctrica.

TABLA XLIV. CONTROL AUTOMÁTICO RED NORMAL - GENERADOR

<u>Ausencia total o parcial de red normal</u>		<u>Retorno de red normal</u>	
Funcionamiento generador	Duración	Funcionamiento generador	Duración
1. Arranque generador	10 s	1. Estabilización red normal	300 s
2. Calentamiento generador	150 s	2. Transferencia generador RED	1 s
3. Alimentación de la carga		3. Enfriamiento generador	300 s
		4. Parada de generador	

Control manual: mediante el accionamiento manual, se puede controlar el arranque, calentamiento, alimentación, estabilización, transferencia, enfriamiento, parada, todo de forma manual.

El sistema de control consta de un pulsador tipo Z para parada de emergencia, el cual al ser accionado saca de funcionamiento inmediato al generador. El generador no podrá ser activado, mientras no se elimine (reseteo de alarma) la condición de paro de emergencia registrado en el módulo de control.

Adicional, el sistema de control posee un selector de dos posiciones (ON/OFF), el cual permite arrancar el generador sin carga; esto admite arrancar el generador y hacerlo funcionar por un tiempo de forma manual, permitiendo que funcione sus partes mecánica y eléctrica. Este control aprueba que el generador arranque sin carga, sin que esto involucre la conexión con la red normal.

La figura 36, muestra el diagrama unifilar de media y baja tensión del transformador N.º 1, el cual consta el sistema de respaldo de energía.

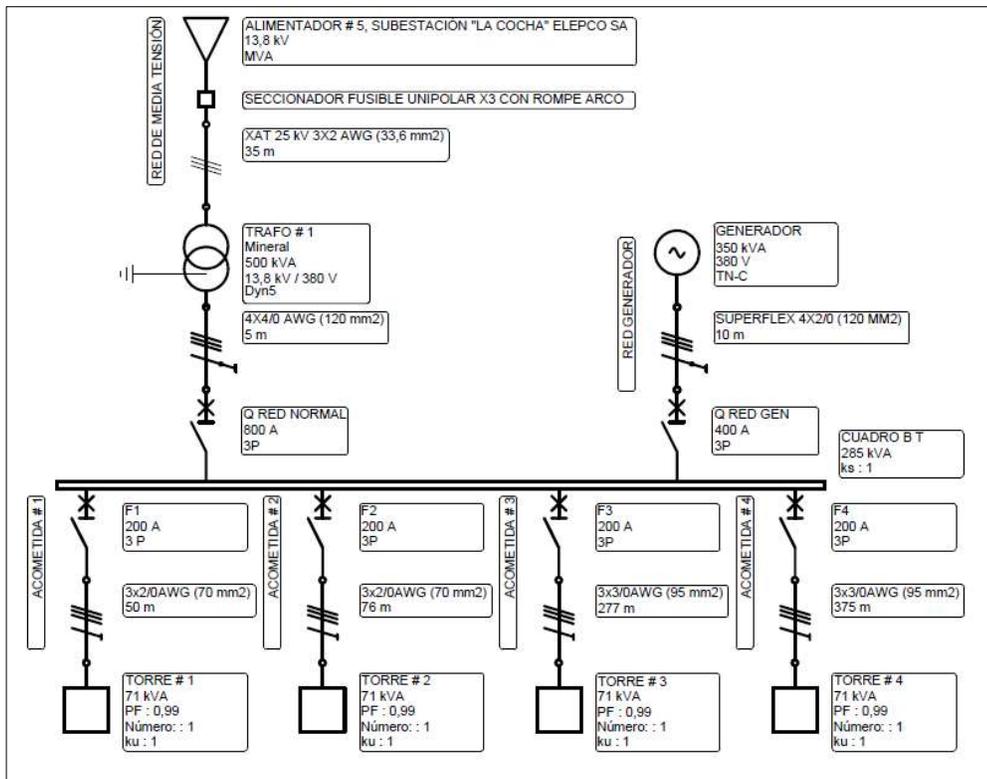


Fig. 36. Diagrama unifilar de media y baja tensión transformador N.º 1

La figura 37, muestra el diagrama electrotécnico del módulo de transferencia automática para el sistema diseñado de iluminación.

Para mejor apreciación ver Anexo 9, lámina 1. Diagramas unifilares media y baja tensión sistemas eléctricos.

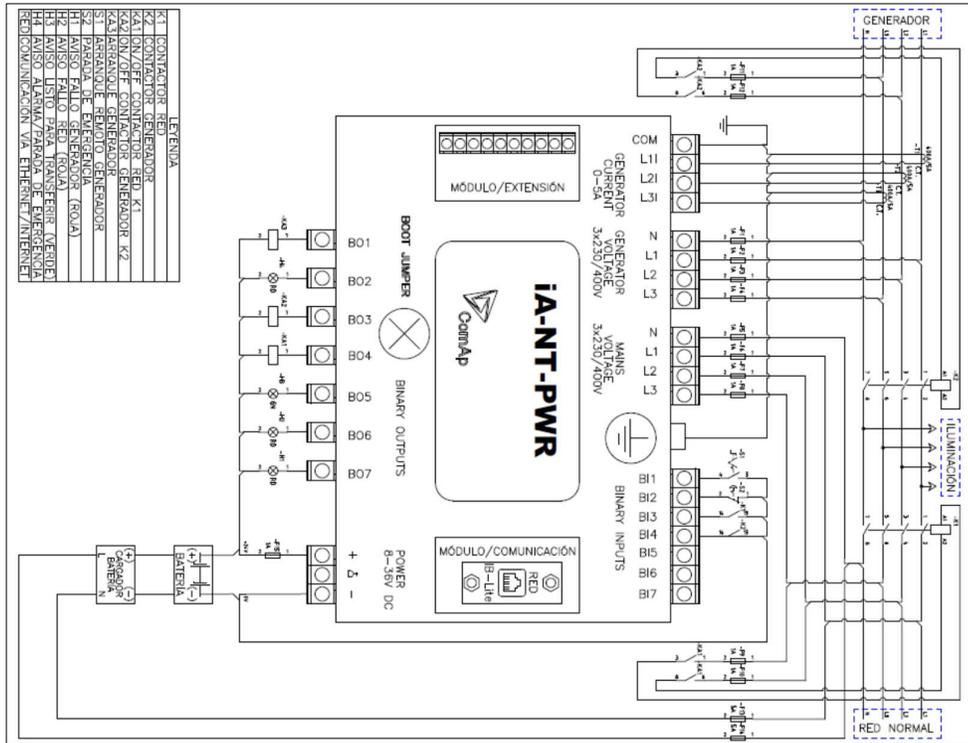


Fig. 37. Diagrama electrotécnico transferencia automática

La figura 38, muestra el diagrama electrotécnico circuitos de fuerza y control del módulo de supervisión de energía.

Para mejor apreciación ver Anexo 12, lámina 1 y 2. Diagramas electrotécnicos circuitos de fuerza y control, tablero de transferencia automática y módulo de supervisión de energía.

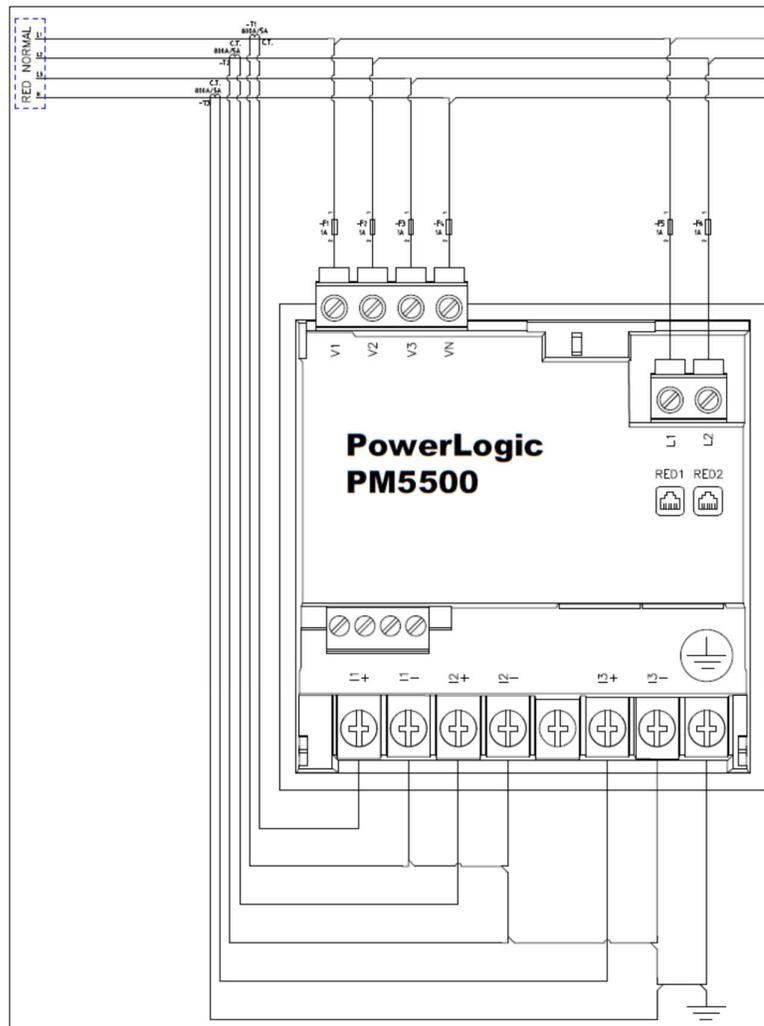


Fig. 38. Diagrama electrotécnico modulo para supervisión de energía.

2.4.12. Sistema de protecciones atmosféricas

La energía eléctrica es la parte más importante de la infraestructura de toda instalación o proyecto, esta debe estar disponible permanentemente. La disponibilidad de la misma, depende de un sistema de protección, el cual contemple pararrayos, sistema de puesta a tierra de la instalación y sistemas para protección de sobretensiones transitorias.

Pararrayos: el nivel isocerámico de la Latacunga interpretado en el mapa, representa un nivel de riesgo moderado, con respecto a los niveles altos de otras ciudades del Ecuador. El riesgo es menor, pero no deja de ser un riesgo, siendo un indicador más, que justifica la necesidad de implementar pararrayos en las torres, a

esto se suman las normativas nacionales e internacionales, que señalan, que no es una opción la implementación de pararrayos en estructuras metálicas sobresalientes.

La figura 39, muestra el mapa cerámico donde indica los días de tormentas por kilómetro cuadrado y por año.

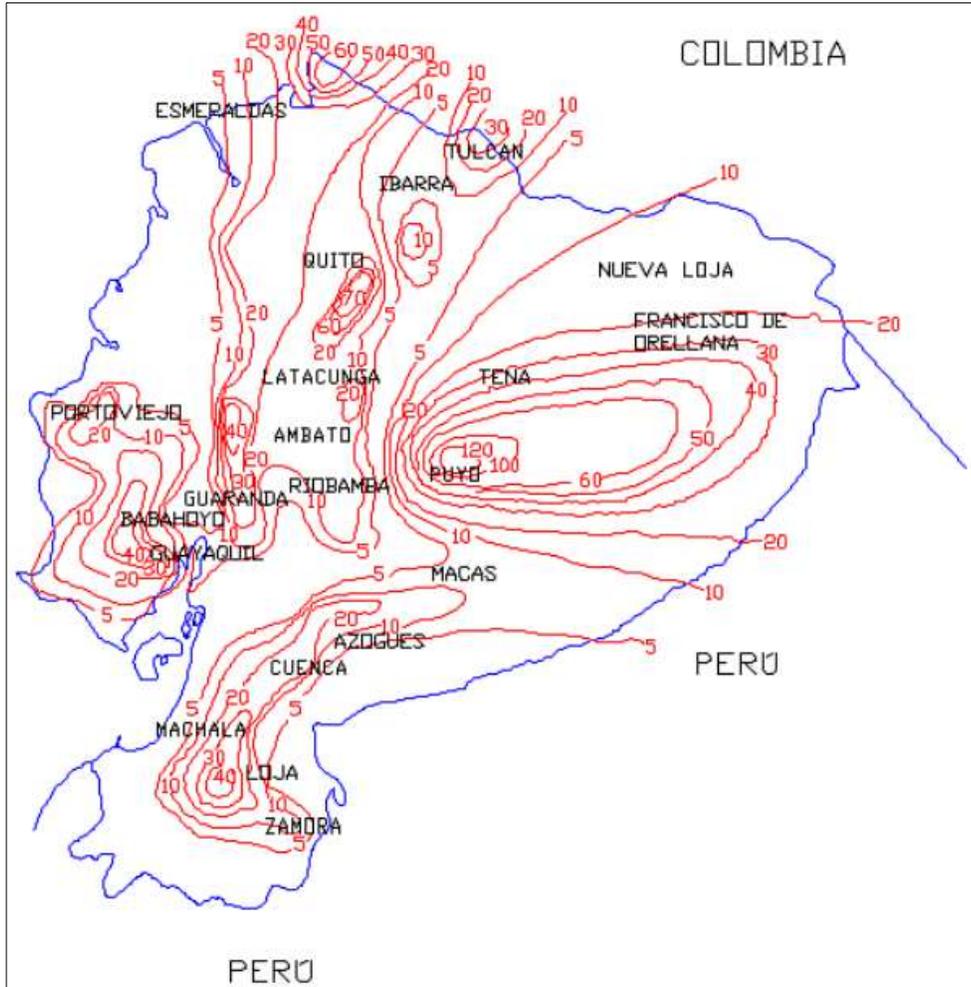


Fig. 39. Mapa cerámico del Ecuador
Fuente: [53]

Al estar conformadas las torres de estructura metálica y ser las partes más pronunciadas del estadio, estas tienden a fungir como pararrayos y son permanentemente susceptibles de sufrir descargas eléctricas. Actualmente las torres del estadio no disponen de ningún tipo de pararrayos; por tal razón, el diseño del sistema de iluminación inteligente contempla el dimensionamiento del sistema de pararrayos para las torres.

Los equipos y materiales dimensionados cumplen con normas y estándares internacionales IEC 61024-1; IEC 1024-1-1; IEC 61024-1-2; NFPA 780/97. La tabla 45, muestra el dimensionamiento de los equipos y materiales para las protecciones atmosféricas para cada torre.

TABLA XLV. MATERIALES PARA PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Pararrayo Dipolo Corona PARRES	4
2	Mástil galvanizado con bushing conexión barra y conector	4
3	Cable SUPERFLEX N.º 2/0 AWG (120mm ²) total metros	160
4	Abrazaderas bajantes para torre	20

Sistema de Puesta a tierra: se identificó que, en las cimentaciones de las torres y la cámara de transformación, se encuentran embebidas mallas para puesta a tierra previamente construidas; esta condición hace inaccesibles llegar al cableado de cobre desnudo de las mismas. Se suma a esto, la condición de que las áreas circundantes a las cimentaciones de las torres y de la cámara de transformación, son de hormigón tipo ciclópeo, lo que imposibilita excavar zanjas para incrementar cables de cobre desnudo y varillas revestidas de cobre, para repotenciar las mismas.

Por estas razones, se dimensionaron electrodos activos ideales para este tipo de áreas, para instalar e interconectar un electrodo a cada malla de puesta a tierra descritas anteriormente. Esto permitirá reducir la resistencia óhmica de las mallas.

Los equipos y materiales dimensionados cumplen con normas y estándares internacionales IEC 61024-10; IEC 61021-1; IEEE. La tabla 46, muestra el dimensionamiento de los equipos y materiales para la conexión del sistema de puesta a tierra para cada torre.

TABLA XLVI. MATERIALES PARA PUESTA A TIERRA

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Electrodo químico EP-ET PARRES	5
2	Intensificador químico EP-TR PARRES	5
3	Cargas exotérmicas de 90 mg EXO-TEC PARRES	5
4	Rejilla tipo Irving PARRES	5

Protección contra sobretensiones transitorias: actualmente en las instalaciones eléctricas del estadio, no se dispone de protecciones contra Transientes.

Las luminarias LED dimensionadas, incorporan protección contra Transientes en su módulo de control IoT; por tal razón, no se requiere protección adicional de este tipo para las mismas.

El equipo electrónico para comunicación y control es susceptible a sobretensiones transitorias; es por esto que, adicional a las protecciones magnetotérmicas se contempla en el diseño, montar supresores contra Transientes para cada equipo, de las siguientes características:

- Capacidad de descargar picos transitorios de tensión hasta 240 kA.
- Clase 1, capacidad de derivar corrientes tipo rayo de 10/350 us.
- Para centros de carga generales de instalaciones con pararrayos y elevado riesgo de impacto directo de rayo
- IEC 61643-11; IEC 61643-21
- Montaje en riel DIN

Balizamiento nocturno de prevención para las torres: actualmente las torres no disponen de balizamiento preventivo y al encontrarse el estadio cerca de la pista del aeropuerto internacional de carga COTOPAXI, son obligatorias las mismas. La International Aviation Organization (ICAO) a nivel internacional y la Federal Aviation Administration (FAA) de Estados Unidos de América, regulan mediante ICAO Tipo A, B y FAA L-810, que existan luces para prevención aérea en estructuras elevadas cercanas a los aeropuertos, la tabla 47 detalla los materiales.

TABLA XLVII. MATERIALES PARA BALIZAMIENTO NOCTURNO

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidades
1	Luz baliza LED roja fija, 50000 horas de vida, 10 W, 120-277 VAC, IEC IP66, IEC IK 10, NEMA 4X	4	U
2	Supresor de transitorios de 20 kV/20kA	4	U
3	Mástil aluminio 1" de 1 m	4	U
4	Sensor de luz Fococélula	4	U
5	Breaker sobrepuesto 1p 10 A	4	U
6	Cable tipo Superflex 2 x 14 AWG	165	m

2.4.13. Arquitectura para comunicación y control

Diseño Red de Datos: el diseño cumple fielmente con parámetros y características necesarias; tales como:

- Flexibilidad y crecimiento sin afectación futura (escalabilidad)
- Red segura con confidencialidad, para evitar vulneración (hacking) y sabotaje del sistema.
- Disponibilidad de redundancia, para evitar caídas no deseadas e inesperadas del sistema.
- Actualización de las aplicaciones (software) sin afectación futura.

La funcionalidad de la red, permitirá la interconexión con todos los puntos (torres, cuarto de control, cámara de transformación), con una latencia mínima, desembocando en alta velocidad de transmisión fiable.

El diseño contempla escalabilidad para expansión, cambios o crecimiento futuro, facilitando la implementación de tecnología próxima. Todo esto con monitorización amigable y gestionable.

El diseño de la red tiene concordancia con los equipos, en el siguiente orden:

- Primero, sistema de cableado.
- Segundo, equipos de networking.
- Tercero, software para configuración, control y monitoreo.

Cableado estructurado: es el integrante de la red con menos valor económico y el que más dura del sistema; por tales razones, se lo dimensiono con fibra óptica multimodo OM4 y cable F/UTP Cat. 6a, proyectándolo con una vida útil de 12 años mínimos.

Características de la fibra óptica multimodo armada OM4:

- Fibra de 6 hilos 50/125 μ m
- Velocidad Gigabit Ethernet, 10 Gigabit ethernet a 550 metros
- Ventana 850 nm
- Cumplimiento de estándares: ISO/IEC 11801:2002 Amendment 2 OM4, ANSI/TIA/EIA-568-C.3, IEC-60754-1, IEC-60754-2, IEC-61034-2
- Chaqueta para interior/exterior XGLO y LigthSystem, LS0H IEC-60332-1

Características del cable F/UTP Cat. 6a:

- Velocidad 10/100/1000/10000 Mbps (10G)
- Ancho de banda 500 MHz (más capacidad para voz, datos y video)
- Chaqueta para exterior LS0H
- Blindaje (F/UTP) para protección contra ruido electromagnético EMI interferencia electromagnética (líneas eléctricas), ruido de radiofrecuencia RFI interferencia de radio frecuencia (equipos de transmisión de radio televisión, aeropuerto)
- Cumplimiento de estándares: ISO/IEC 11801-1, ANSI/TIA-568.2-D, IEC-61156-5Ed2.0, IEEE 802.3bt

Topología de red: la topología utilizada para el diseño es la de anillo, ya que esta es una arquitectura sólida que se ajusta y cumple con los requisitos necesarios.

Infraestructura tecnológica: esta infraestructura permite control y supervisión mediante el protocolo DMX512/RDM y el protocolo ArNet, los cuales son ejecutados sobre el protocolo TCP/IP. La tabla 48 detalla los componentes.

TABLA XLVIII. COMPONENTES TECNOLOGICOS

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Luminaria ArenaVisión LED gen 3.5	168
2	Controlador DMX512/RDM – TCP/IP	1
3	Gateway DMX512/RDM – TCP/IP	4
4	Dispositivo DMX512/RDM – TCP/IP entradas y salidas digitales	4
5	Panel táctil DMX512/RDM – TCP/IP	1

Comunicación: definidos los componentes tecnológicos para iluminación, conexión y control del sistema; así como, los equipos, dispositivos, acometidas y mecanismos reutilizables del sistema existente y definido el mejor escenario de prospectiva, se procede al desarrollo del diseño de la arquitectura de comunicación y control del sistema de iluminación inteligente para el estadio Municipal “La Cocha”.

Infraestructura de comunicación: Las tablas 49, 50 y 51, detallan los componentes y equipos que conforman la red de comunicación utilizados para el sistema.

TABLA XLIX. CABLEADO ESTRUCTURADO EQUIPOS Y MATERIALES

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Gabinete cerrado de 19 pulgadas 12UR	1
2	Caja ODF para riel DIN 6 puertos dúplex	6
3	Adaptador LC dúplex multimodo OM4	12
4	Pigtail LC/UPC multimodo OM4 LSZH	24
5	Patch cord LC/UPC - SC/UPC dúplex multimodo OM4 LSZT	12
7	Switth POE 8 puertos Gigabit RJ45, 2 puertos SFP	6
8	Mini-GBIT dúplex multimodo OM3	12
9	UPS On-line 1,5 kVA	6
10	Patch cord Cat. 6a F/UTP	12

TABLA L. CABLEADO ESTRUCTURADO ENLACES MEDIANTE FO

Ítem	Detalle	Fibra OM4	Unidad
1	Enlace N.º 1, cabina de control - cámara de transformación	38	m
2	Enlace N.º 2, cámara de transformación - torre N.º 1	77	m
3	Enlace N.º 3, torre N.º 1 - torre N.º 3	247	m
4	Enlace N.º 4, torre N.º 3 - torre N.º 4	107	m
5	Enlace N.º 5, torre N.º 4 - torre N.º 2	245	m
6	Enlace N.º 6, torre N.º 2 - cabina de control	72	m

TABLA LI. CABLEADO ESTRUCTURADO CABLE F/UTP

Ítem	Detalle	Cable Cat. 6a F/UTP	Unidad
1	Conexión torre N.º 1	165	m
2	Conexión torre N.º 2	165	m
3	Conexión torre N.º 3	165	m
4	Conexión torre N.º 4	165	m

Para mejor comprensión referirse al Anexo 13, lámina 1. Arquitectura de red de datos digital comunicación redundante full dúplex.

2.4.14. Cableado y conexión del sistema de comunicación y control

Se describe a continuación la sistemática utilizada en el diseño.

Para la comunicación y control de los drivers de las luminarias LED, se utiliza el protocolo DMX512, la conexión es mediante cable F/UTP (tipo apantallado y de par trenzado) en modo “Daisy Chain”. Los drivers se conectan en cadena unos con otros, cada uno dispone de dos puertos tipo RJ45, uno para entrada DMX512 y otro

para salida DMX512, esto permite continuar la cadena de conexión hacia el resto de drivers.

Se diseñó 4 lazos (universos) de comunicación para cada torre:

- Primer lazo, conecta y comunica 12 drivers (luminarias 1 a 12) pertenecientes a las filas No 1 y No 2.
- Segundo lazo, conecta y comunica 12 drivers (luminarias 13 a 24) pertenecientes a las filas No 3 y No 4.
- Tercer lazo, conecta y comunica 12 drivers (luminarias 25 a 36) pertenecientes a las filas No 5 y No 6.
- Cuarto lazo, conecta y comunica 6 drivers (luminarias 37 a 42) perteneciente a la fila No 7.

En el puerto de salida del último driver del lazo, se conecta un terminador de señal DMX512, para cerrar el circuito y evitar datos de control digital erróneos en los lazos, previniendo mal funcionamiento de las luminarias.

Libremente de la dirección establecida para la recepción de la señal DMX512, los drivers pueden conectarse en cualquier punto del lazo. Cada lazo tiene una longitud de 40 m y soporta un máximo de 12 dispositivos.

Los 4 lazos DMX512 de cada torre se conectan a los Gateways DMX512/RDM-TCP/IP correspondientes.

Los Gateways DMX512/RDM-TCP/IP de cada torre se conectan a los Switchs de acceso POE respectivamente, para energización y comunicación con el sistema principal de comunicación. Estos dispositivos son las puertas de enlace entre el protocolo DMX512/RDM y el protocolo ArNet bajo el protocolo TCP/IP, permitiendo la interacción entre las diferentes arquitecturas.

Los dispositivos con entradas y salidas digitales DMX512/RDM – TCP/IP de cada torre, se conectan a los Switchs de acceso POE respectivamente, para energización y comunicación con la red de datos. La función de estos dispositivos es el accionamiento remoto de los contactores auxiliares que, a su vez, accionan los contactores de fuerza que energizan los drivers de las luminarias.

El Switch ubicado en la cabina de control, energiza e interconecta al Controlador DMX512/RDM – TCP/IP con la red de datos. Este dispositivo es el encargado de generar y enviar instrucciones (comandos) a través de la arquitectura de red DMX512/RDM – TCP/IP, las instrucciones viajan en forma de cadenas de datos con dirección de destino y valor hacia los Gateway DMX512/RDM – TCP/IP. Estos procesan y traducen la información para seguidamente enviar las instrucciones en lenguaje entendible a los drivers de cada luminaria.

El Panel táctil DMX512/RDM – TCP/IP se energiza y se interconecta a la red de datos por intermedio del Switch de la cabina de control, mediante este dispositivo el operador encargado del sistema de iluminación, realiza el control local para encendido y apagado; así como, la interacción con los diferentes escenarios preconfigurados de iluminación. Se pueden configurar diversos escenarios acordes a necesidades, tales como:

- Iluminación total o parcial de la cancha de futbol
- Iluminación total o parcial de la pista atlética
- Iluminación interactiva para celebrar un gol
- Iluminación interactiva para animar al público en el entre tiempo
- Iluminación interactiva para espectáculos artísticos, etc.

Cabe indicar que el protocolo DMX512 está formado por un máximo de 512 canales, a los cuales se les denomina universo DMX. Cada canal maneja 8 bits, lo que quiere decir que, un canal puede trabajar con señales de valores regulados dentro del rango de 0 y 255 (octeto). Para control dimerizable de las luminarias, el valor 0 es igual al 0% de la intensidad luminosa y el valor 255 es igual al valor del 100% de la intensidad luminosa.

Cada driver (luminaria) tiene configurado direccionamiento DMX512, esto quiere decir que se le asignó una dirección (canal) única a cada uno, dentro del rango de 001 hasta 512 canales. La correcta configuración de direcciones de los drivers, garantiza que los comandos enviados desde el controlador lleguen al destino deseado.

El Switch ubicado en la cámara de transformación, interconecta a la red de datos, al módulo PM5500 SE y al módulo COMAP INTELI ATS PWR. Estos módulos permiten remotamente mediante el protocolo IP, la supervisión y control de los sistemas de energía normal y de respaldo respectivamente.

Los Switch de acceso POE de cada torre, cuarto de control y cámara de transformación, se interconectan mediante los 6 enlaces de fibra óptica multimodo, conformando una topología de tipo anillo.

La figura 40, muestra la arquitectura de la red de datos digitales comunicación redundante full dúplex.

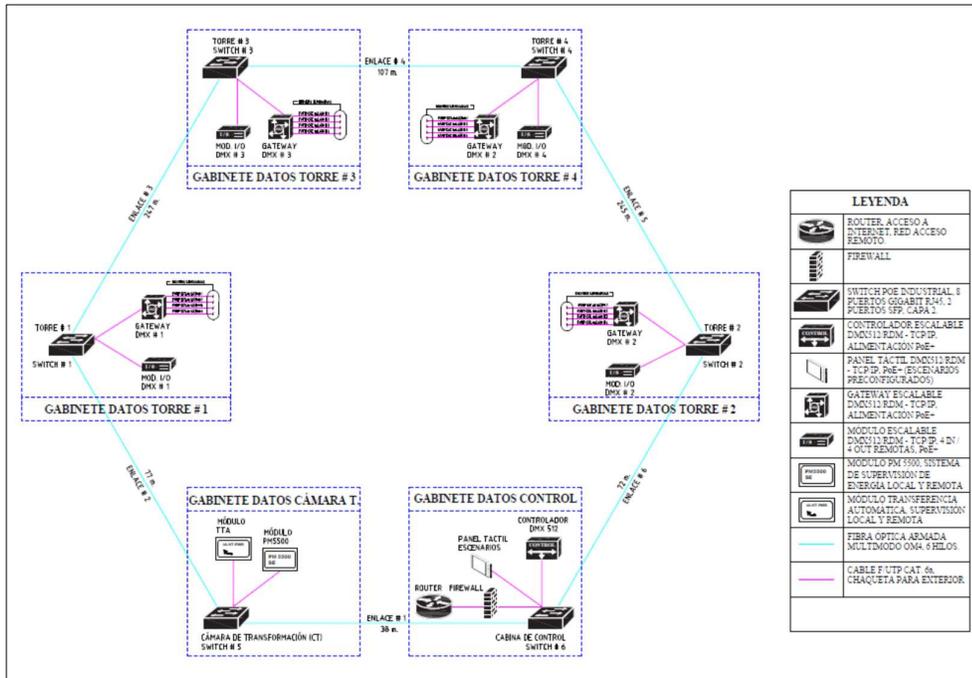


Fig. 40. Arquitectura de red de datos digitales comunicación redundante full dúplex

Para mejor apreciación ver Anexo 13, lámina 1.

Funcionamiento del sistema: para la puesta en marcha de la iluminación, el sistema permite interactuar de forma local o remota.

Activación local: existen tres posibilidades, como son:

- Activación principal de los varios escenarios de iluminación, mediante el panel táctil ubicado en la cabina de control.

- Activación auxiliar de las luminarias, mediante los selectores de dos posiciones ON/OFF del tablero de control, ubicado en la cabina de control. Cada selector enciende todas las luminarias de cada torre respectivamente.
- Activación inalámbrica, mediante teléfono inteligente, tableta o computador con acceso a la red local (usuario autorizado). Para esta interacción se requiere de software específico, el cual puede ser propietario o libre.

Activación remota: se puede realizar mediante teléfono inteligente, tableta o computador con acceso remoto a la red local (usuario autorizado). Para esta interacción se requiere de software específico, el cual puede ser propietario o libre.

Observaciones:

- Se pueden prender todas las luminarias simultáneamente.
- El periodo de estabilización es inmediato.
- Si las luminarias se apagan súbitamente, no se requiere de tiempo de espera para activarlas nuevamente.
- El sistema de iluminación utiliza el transformador N.º 1 para fuerza y control, mejorando la confiabilidad del sistema referente al sistema existente.

Para mejor apreciación ver Anexo 10, Anexo 12 y Anexo 13.

2.5. Presupuesto

Los rubros económicos, necesarios para la implementación del sistema de iluminación, se describen en el siguiente presupuesto. Las tablas desde la 52 a la 60 detalla los valores de equipos, materiales y mano de obra, requeridos para cada subsistema.

TABLA LII. VALORES ECONOMICOS INGENIERIAS

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
1	INGENIERÍAS				3.740,84
1.1	Visita/Inspección a sitio	gb	1,00	285,84	285,84
1.2	Levantamiento de planos de sitio	gb	1,00	571,68	571,68
1.3	Diseño y modelamiento del sistema de iluminación	gb	1,00	841,22	841,22
1.4	Levantamiento del sistema de iluminación existente	gb	1,00	841,22	841,22
1.5	Mantenimiento preventivo y correctivo equipos cámara de transformación	gb	1,00	1.200,87	1.200,87

TABLA LIII. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD D OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
2	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL ILUMINACIÓN LED				2.911,20
2.1	Breaker sobrepuesto 2 polos 10 A	u	84,00	9,80	823,20
2.2	Contactador auxiliar 3 polos AC3	u	4,00	22,00	88,00
2.4	Desmontaje tableros de control sistema existente	u	5,00	200,00	1.000,00
2.5	Montaje tableros de control con nuevo sistema de fuerza y control (aparallaje y materiales reutilizados)	u	5,00	200,00	1.000,00

TABLA LIV. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
3	SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA				47.839,05
3.1	Grupo electrógeno insonorizado trifásico 350 kVA 380/220 VAC 60 Hz	u	1,00	36.120,00	36.120,00
3.2	Armario doble fondo pesado, frente muerto, cerradura con llave	u	1,00	729,63	729,63
3.3	Breaker 3p caja moldeada de 800 A	u	1,00	1.274,69	1.274,69
3.4	Módulo para control y supervisión de transferencia automática 24 VDC COMAP INTELI ATS PWR	u	1,00	824,47	824,47
3.5	Cargador y mantenedor de batería automático 24 VDC COMAP	u	1,00	300,44	300,44
3.6	Porta fusible cilíndrico de 38 mm	u	21,00	3,56	74,76
3.7	Fusible cilíndrico de acción instantánea (gR) de 38 mm	u	21,00	0,38	7,98
3.8	Contactador AC1 4 polos 800A con bloqueo mecánico	u	2,00	2.205,15	4.410,30
3.9	Relé 24 VDC	u	3,00	12,70	38,09
3.10	Barraje de cobre trifásico + neutro + tierra 60x10 mm 985 A	Juego	1,00	174,46	174,46
3.11	Juego de aisladores para barraje	Juego	1,00	54,46	54,46
3.12	Transformador de corriente TC 400/5 A	m	3,00	42,15	126,44
3.13	Cable SUPERFLEX N.º 4/0 AWG (120 mm2)	m	50,00	16,72	835,84
3.14	Cable SUPERFLEX N.º 16 AWG (1,5 mm2)	m	150,00	0,22	33,00
3.15	Cable SUPERFLEX N.º 4x16 AWG (1,5mm2)	m	20,00	1,29	25,75
3.16	Terminal de ojo N.º 4/0 AWG (120 mm2)	u	24,00	7,55	181,08
3.17	Pernos cadmiados 1/4"x3/4" con tuerca y rodela de presión	u	24,00	0,59	14,12
3.18	Terminal puntera N.º 16 AWG (1,5 mm2)	u	300,00	0,03	9,00

3.19	Luz piloto verde 22 mm	u	1,00	8,41	8,41
3.20	Luz piloto rojo 22 mm	u	3,00	8,41	25,23
3.21	Selector 2 posiciones ON/OFF 22 mm	u	1,00	9,34	9,34
3.22	Pulsador Z, paro de emergencia	u	1,00	9,34	9,34
3.23	Canaleta ranurada (varias dimensiones)	u	1,00	32,00	32,00
3.24	Módulo para supervisión de energía PowerLogic PM5500	u	1,00	531,59	531,59
3.25	Transformador de corriente TC 800/5 A	u	3,00	62,88	188,63
3.26	Montaje de grupo electrógeno	u	1,00	1.200,00	1.200,00
3.27	Diseño y montaje del tablero de transferencia automático.	u	1,00	600,00	600,00

TABLA LV. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
4	PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS, TRANSITORIOS				1.179,55
4.1	Supresor trifásico de transitorios de 30 kA	u	6,00	171,59	1.029,55
4.2	Instalación supresor trifásico de transitorios	u	6,00	25,00	150,00

TABLA LVI. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
5	PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS, PARARRAYOS				6.275,28
5.1	Pararrayo Dipolo Corona PARRES	u	4,00	924,47	3.697,87
5.2	Mástil galvanizado con bushin conexión barra y conector	u	4,00	83,44	333,75
5.3	Cable SUPERFLEX N.º 2/0 AWG (120mm ²) total metros	u	160,00	10,01	1.601,12
5.4	Abrazaderas bajantes para torre	u	20,00	5,69	113,71
5.5	Cargas exotérmicas de 90 mg EXO-TEC PARRES	u	2,00	14,42	28,85
5.6	Instalación de pararrayo	u	4,00	125,00	500,00

TABLA LVII. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
6	PROTECCIONES ATMOSFÉRICAS, PUESTA A TIERRA				2.881,64
6.1	Electrodo químico EP-ET PARRES	u	5,00	224,03	1.120,17
6.2	Intensificador químico EP-TR PARRES	u	5,00	25,45	127,26
6.3	Cargas exotérmicas de 90 mg EXO-TEC PARRES	u	10,00	14,42	144,20
6.4	Rejilla tipo Irving PARRES	u	5,00	22,45	112,26
6.5	Barra de cobre 30x7.5x0.5 cm, aisladores y soportes,	u	5,00	25,45	127,26
6.6	Cable SUPERFLEX N.º 2/0 AWG (120mm ²) total metros	m	50,00	10,01	500,50
6.7	Instalación de electrodo activo	u	5,00	125,00	625,00
6.8	Instalación de barra de cobre colectora 30x7.5x0.5 cm	u	5,00	25,00	125,00

TABLA LVIII. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
7	BALIZAMIENTO NOCTURNO DE PREVENCIÓN				1.324,19
7.1	Luz baliza LED roja fija, 50000 horas de vida, 10 W, 120-277 VAC, IEC IP66, IEC IK 10, NEMA 4X	u	4,00	175,29	701,15
7.2	Supresor monofásico de transitorios de 20 kA	u	4,00	48,67	194,69
7.3	Mástil aluminio 1" de 1 m	u	4,00	10,86	43,43
7.4	Sensor de luz Fococélula con base	u	4,00	17,00	68,00
7.5	Breaker sobrepuesto 1p 10 A	u	4,00	7,03	28,12
7.6	Cable tipo Superflex 2 x 14 AWG	u	160,00	0,93	148,80
7.7	Instalación balizamiento	u	4,00	35,00	140,00

TABLA LIX. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
8	EQUIPOS PARA COMUNICACIÓN Y CONTROL DMX512/RDM				681.859,18
8.1	Luminaria ArenaVisión LED gen 3.5	u	168,00	3.837,76	644.743,68
8.2	Controlador DMX512/RDM – TCP/IP	u	1,00	6.560,21	6.560,21
8.3	Gateway DMX512/RDM – TCP/IP	u	4,00	1.686,58	6.746,34
8.4	Dispositivo DMX512/RDM – TCP/IP entradas y salidas digitales	u	4,00	1.256,15	5.024,62
8.5	Panel táctil DMX512/RDM – TCP/IP	u	1,00	2.024,34	2.024,34
8.6	Configuración equipos DMX512/RDM	gb	1,00	5.000,00	5.000,00
8.7	Desmontaje luminarias de halogenuros metálicos	u	168,00	35,00	5.880,00
8.8	Montaje luminarias ArenaVisión LED gen 3.5	u	168,00	35,00	5.880,00

TABLA LX. VALORES ECONOMICOS SUB SISTEMA

ITEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD OBRA	P. UNIT. CONTRATO	P. TOTAL
9	CABLEADO ESTRUCTURADO				13.802,80
9.1	Gabinete cerrado de 19 pulgadas 12UR	u	6,00	169,26	1.015,55
9.2	Caja ODF para riel DIN 6 puertos dúplex	u	6,00	42,26	253,55
9.3	Adaptador LC dúplex multimodo OM4	u	12,00	4,98	59,74
9.4	Pigtail duplex LC/UPC multimodo OM4 LSZH	u	12,00	16,32	195,82
9.5	Patch cord LC/UPC - SC/UPC dúplex multimodo OM4 LSZT	u	12,00	26,31	315,71
9.6	Swicth POE 8 puertos Gigabit RJ45, 2 puertos SFP	u	6,00	429,92	2.579,52
9.7	Mini-GBIT dúplex multimodo OM4	u	12,00	198,00	2.376,05
9.8	UPS On-line 1,5 kVA	u	6,00	439,84	2.639,03
9.9	Patch cord 1 m Cat. 6a F/UTP	u	12,00	9,67	116,06
9.10	Fibra óptica multimodo OM4, armada de 6 hilos, tipo loose tube	m	786,00	2,20	1.729,20
9.11	Cable F/UTP Cat 6a, para exterior.	u	660,00	1,28	842,57
9.12	Fusión FO	u	72,00	10,00	720,00
9.13	Conexión lazos de comunicación (daysy chain)	u	16,00	60,00	960,00

10	IMPREVISTOS				1.000,00
10.1	Varios e imprevistos	u	1,00	1.000,00	1.000,00

La tabla 61, muestra los valores económicos generales de cada actividad.

TABLA LXI. VALORES ECONOMICOS

ITEM	DETALLE	TOTAL
1	Ingenierías	47.839,05
2	Sistema de fuerza y control iluminación led	2.911,20
3	Sistema de respaldo de energía	47.839,05
4	Protecciones atmosféricas, pararrayos	6.275,28
5	Protecciones atmosféricas, puesta a tierra	2.881,64
6	Protecciones atmosféricas, transitorios	1.179,55
7	Balizamiento nocturno de prevención	1.324,19
8	Equipos para comunicación y control dmx512/rdm	681.859,18
9	Cableado estructurado	13.802,80
10	Imprevistos	1.000,00
Total		806.911,94

El presupuesto para el sistema de iluminación, tiene un costo total de \$ 806.911,94 dólares americanos, valor antes de impuestos.

El diseño del sistema de iluminación tipo LED, se fundamentó en sostenibilidad, inteligencia, innovación e industrialización, esto justifica su costo.

2.6. Conclusiones capítulo II

Primera conclusión

La inspección técnica in situ, permitió conocer e identificar detalladamente el sistema eléctrico existente y proyectarlo en diagramas unifilares, electrotécnicos y levantamiento de cargas.

Segunda conclusión

Los resultados de los modelamientos lumínicos indican que el sistema existente se encuentra parcialmente dentro de las especificaciones de iluminación para eventos no televisados Clase III; de igual manera, indican que con luminarias LED se alcanza y excede las especificaciones de iluminación, para eventos televisados Clase IV.

Tercera conclusión

Para el desarrollo del diseño del sistema de iluminación, se ejecutó un sistemático proceso, que permitió identificar el punto de partida y los siguientes pasos que progresivamente convergieron en el diseño total.

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1. Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos del diseño del sistema de iluminación inteligente para el estadio Municipal “La Cocha”, son satisfactorios y positivamente los deseados. A continuación, se describen los mismos:

3.1.1. Resultados sobre la arquitectura para control y comunicación

Se identificaron los componentes requeridos para el diseño de la arquitectura para control y comunicación. En el apartado 2.4.1. se detallan y describen todos los componentes, así como, el anexo 13 permite interpretar claramente sus componentes, topología, conexiones, etc.

3.1.2. Resultados sobre la descripción del sistema de iluminación instalado

La recolección de la información producto de la inspección técnica en situ, fue sometida a un estudio analítico, desprendiendo resultados contundentes sobre la constitución, características y estado funcional del sistema de iluminación existente del estadio; facilitando de esta forma, la cuantificación de sus componentes e identificar los mismo a reutilizarse. También permitió realizar, el modelamiento lumínico del sistema existente y el levantamiento de la carga, obteniéndose valores promedios de iluminancia y de porcentajes del uso de los transformadores, en el apartado 2.4.2. se describe a detalle lo antes mencionado.

3.1.3. Resultados del diseño del sistema de iluminación inteligente tipo LED

El aplicar buenas prácticas de diseño para el sistema de iluminación, enfocadas tanto en las recomendaciones de los organismos internacionales referentes a estadios de fútbol, cuanto en identificar infraestructura eléctrica, civil y estructural existente potencialmente a ser reutilizada; así como, estudiar y seleccionar minuciosamente los componentes tecnológicos normados internacionalmente para comunicación y control, han permitido diseñar un óptimo y tecnológico sistema de iluminación.

El sistemático desarrollo para diseñar los subsistemas tales como: el modelamiento lumínico ideal; la identificación de infraestructura a reutilizar; la conformación de infraestructura para arquitectura de comunicación y control; el diseño del sistema de respaldo de energía; la determinación de equipos y materiales para protecciones atmosféricas e iluminación para balizamiento preventivo, permitió converger en el diseño final del sistema de iluminación, objetivo trazado en este estudio. Los resultados son tangibles y expuestos a detalle tanto en el apartado 2.4.7. cuanto en los anexos 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

La figura 41, indica el resumen de resultados promedio de luxes obtenidos de los modelamientos lumínicos simulados. La simulación lumínica con tecnología LED, muestra resultados significativos desde el primer escenario, alcanzando la mayor cantidad de luxes en el tercer escenario. Estos superan los valores mínimos recomendados por los reguladores internacionales.

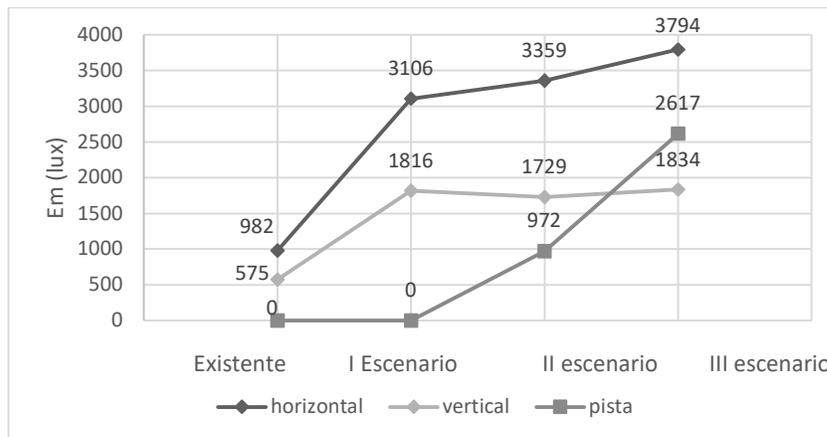


Fig. 41. Resultados de las prospectivas lumínicas

La tabla 62, muestra las comparaciones relevantes entre el sistema de iluminación existente y el sistema de iluminación diseñado.

TABLA LXII COMPARACIÓN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Descripción	Existente	Diseñado
Carga instalada	288 kW	265,44 kW
Demanda de potencia aparente de la carga	356 kVA	285,41 kVA
Puesta en funcionamiento total o parcial	Local	Local o Remota
Periodo de estabilización de cada luminaria	3 a 5 minutos	Inmediato
Tiempo para reencendido en caso de apagado súbito	45 a 60 minutos	ninguno
Corriente de arranque de cada luminaria	1,77	1
Iluminación total o parcial de la pista atlética	No	Si
Iluminación interactiva	No	Si
Control dimerizable	No	Si
Encendido simultáneo de luminarias	No	Si
Sistema para respaldo de energía (disponibilidad)	No	Si
Sistema de protecciones atmosféricas (disponibilidad)	No	Si
Balizamiento preventivo	No	Si

3.2. Evaluación de expertos

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL VERIFICADOR

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado “ESTUDIO DE PROSPECTIVA PARA EL SISTEMA DE ILUMINACION INTELIGENTE TIPO LED DEL ESTADIO MUNICIPAL LA COCHA - LATACUNGA” de los posgraduados:

APELLIDOS: Carvajal Jiménez

NOMBRES: Marcelo Fabricio

PROGRAMA: Maestría en Electricidad, mención sistemas eléctricos de potencia.

APELLIDOS: Liger Vásquez

NOMBRES: Jonatan Edmundo

PROGRAMA: Maestría en Electricidad, mención sistemas eléctricos de potencia.

CERTIFICO:

Que: analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad, mención sistemas eléctricos de potencia

Revisado por: Cevallos Carvajal Carlos Gustavo
Cédula de ciudadanía N.º 050186444-1
Profesión: Ingeniero Electromecánico
Posgrado: Magister en Gestión de Energías y Energía Renovables
Cargo: Jefe departamento alumbrado público ELEPCO S.A.
Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, junio 07 de 2021



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS GUSTAVO
CEVALLOS
CARVAJAL**

Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal

3.3. Evaluación de impacto tecnológico

Al considerar la transformación tecnológica, es importante que este sea un proceso que se ejecute independientemente de los cambios económicos, políticos y sociales; ya que, el progreso tecnológico está impulsado por la creatividad humana y el impulso a la investigación.

En general, la modernización significa que las sociedades tienen menos carga de trabajo y más tiempo libre.

Entre los impactos principales, podemos destacar:

- La comunicación y la información se acelerarán y mejorarán, gracias a la latencia de la arquitectura tecnológica.
- Los trabajos de mantenimiento serán más limpios, menos exigentes físicamente e interesantes.
- El control, la eficiencia y la precisión son factores, que predominaran en el sistema de iluminación inteligente.

- El internet de las cosas y los protocolos de comunicación son integrantes del diseño.

El implementar el sistema de iluminación tipo LED, produciría un impacto social positivo, debido a que cambiaría la percepción de los asistentes, cautivándolos y motivándolos a asistir a más eventos desarrollados en el estadio, acompañados cada vez más de familiares y amigos.

3.4. Validación técnica

El diseño del sistema de iluminación, se enmarcó en los cuatro vectores del cambio: sostenibilidad, inteligencia, innovación e industrialización; a través, de un estudio técnico que cumple con recomendaciones, normas y regulaciones de organismos nacionales e internacionales.

El sistema de iluminación diseñado, es la solución técnica para el problema actual de iluminación del estadio Municipal “La Cocha”, cumpliendo y superando los objetivos propuestos de este estudio.

El nuevo sistema tendrá una iluminación sostenible, este entregará niveles de iluminación ajustados a las necesidades de los deportistas, con regulaciones de intensidad lumínica. Este a la vez cuida el medio ambiente, el bienestar de la colectividad y el crecimiento económico.

El diseño innovador del sistema de iluminación, se proyecta como el primer salto tecnológico de la ciudad de Latacunga, hacia una ciudad inteligente, ejemplarizando su diseño e inspirando la implementación de infraestructura tecnológica escalable, aplicada a entornos locales industriales y residenciales de la provincia, tanto públicos como privados.

3.5. Conclusiones capítulo III

Primera conclusión

En general; los resultados obtenidos de los sistemas, eléctricos, electrónicos e informáticos, que conforman el diseño del sistema de iluminación, son tangibles y están alineados a las expectativas de este proyecto.

Segunda conclusión

El sistemático desarrollo para diseñar los subsistemas del sistema de iluminación, dio como resultado la convergencia hacia el diseño total del sistema de iluminación.

Tercera conclusión

El sistema de iluminación diseñado, es la solución técnica para el problema actual de iluminación del estadio Municipal “La Cocha”, cumpliendo y superando los objetivos propuestos de este estudio.

3.6. Conclusiones generales

Se concluye que:

- El aporte tecnológico que se desprende del IoT, resalta en la arquitectura de comunicación y control, permitiendo: tener dispositivos conectados, ajustes y correcciones dinámicos en el sistema, posibilidad de encontrar errores fácilmente, optimizar equipos y operaciones, entre otros.
- El diseño del sistema de iluminación contempla versatilidad y multifuncionalidad en el control de iluminación, permitiendo albergar diferentes disciplinas deportivas; así como también, diferentes eventos artísticos y culturales, potenciando el uso racional de energía y funcionamiento continuo del escenario.
- Se diseñó la arquitectura tecnológica para comunicación y control del sistema de iluminación, en base a compilación y estudio minucioso de información referente a sistemas de iluminación inteligente.
- Se realizó la evaluación del sistema de iluminación artificial existente, permitiendo identificar, cuantificar y determinar el estado de los componentes.
- Se diseñó el ecosistema de iluminación inteligente tipo LED para el estadio Municipal “La Cocha”, en base a estándares y normativa nacional e internacional.
- Los diagramas unifilares y electrotécnicos anexados, detallan y facilitan la comprensión de forma concreta, específica y sencilla del sistema de iluminación diseñado.

- El diseño del sistema de iluminación contempla versatilidad y multifuncionales funciones de iluminación, permitiendo albergar diferentes disciplinas deportivas; así como también, diferentes eventos artísticos y culturales, potenciando el uso y funcionamiento continuo del escenario.

3.7. Recomendaciones

Se recomienda:

- Realizar un estudio estructural a cada una de las torres del estadio, el cual precise las cargas muerta y viva máximas soportadas por cada una; así como, la factibilidad de realizar adecuaciones en la estructura de las mismas, implicando mayor carga. Este estudio debe desarrollarse aplicando normas estrictas de seguridad y debe ser aprobado y certificado por las autoridades locales de obras civiles y de seguridad pertinentes.
- Aplicar mantenimiento preventivo / correctivo a las infraestructuras eléctrica, civil y estructural existentes, para disponer de un punto de partida documentado y apoyado en matrices de mantenimiento para control presente y proyectado. Esto asegurará una puesta a punto confiable, con capacidad de marcha disponible permanentemente, atacando a la incertidumbre existente.
- Diseñar e implementar un sistema de circuito cerrado de televisión CCTV, el cual sea escalable y esté acorde a la tecnología, que permita integrarlo al ecosistema de comunicación y control del sistema de iluminación diseñado. Esto permitirá cumplir con el Art. 42 de la FEF.
- Diseñar e implementar un sistema para control de accesos de vehículos y público en general, el cual sea escalable y esté acorde a la tecnología, que permita integrarlo al ecosistema de comunicación y control del sistema de iluminación diseñado.
- Diseñar y construir una sala dedicada para control, supervisión y seguridad, para centralizar los subsistemas tecnológicos a implementarse.

3.8. Referencias bibliográficas

- [1] “Estadio La Cocha | Informacion y fotos de Estadio La Cocha, estadios en ecuador.” <http://www.estadios.org/ecuador/7781/estadio-la-cocha/> (accessed Jun. 24, 2021).
- [2] E. Astigarraga, “CLAVE E INTRODUCCIÓN A SU PRÁCTICA .,” no. December, 2016, doi: 10.35485/rcap71.
- [3] E. Astarriaga, “Prospectiva Estratégica: orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica,” *Rev. Centroam. Adm. Pública*, no. 71, pp. 13–29, 2016.
- [4] (Fédération Internationale de Football Association) FIFA, “Estadios de fútbol - Recomendaciones técnicas y Requisitos,” p. 233, 2011.
- [5] A. Mar, S. R. Lozano, and D. Bra, “ManualÉ de,” no. 6, pp. 1–56, 2014.
- [6] Federación Ecuatoriana de Fútbol, “Reglamento de calificación, administracion y seguridad de los escenarios para la práctica del fútbol profesional,” 2009, [Online]. Available: <http://www.ecuafutbol.org/web/reglamentos/10-ReglamentoCalificaciondeEstadios.pdf>.
- [7] *Recomendaciones técnicas y requisitos para la construcción o la modernización de estadios de fútbol. .*
- [8] “Estadios de fútbol que ahorran un 65% de energía gracias a la Iluminación LED • ESEFICIENCIA.” <https://www.eseficiencia.es/2017/11/08/estadios-futbol-ahorran-65-energia-gracias-iluminacion-led> (accessed Jan. 25, 2020).
- [9] P. E. C. Pardo, “Diodos electroluminiscentes,” 1923.
- [10] C. Cabanes and P. Villa, “Magnitudes Fotométricas básicas . Unidades de medida . 1-Resumen de las ideas clave.”
- [11] P. Play, “Disfruta de la apasíonate por tu deporte La iluminación correcta.”
- [12] “Webinars.” <https://www.siemon.com/es/home/support/education/webinars> (accessed May 11, 2021).

- [13] Asociación española de normalización y certificación - AENOR, “Uso y referencia a normas ISO e IEC en la reglamentación técnica,” p. 36, 2007, [Online]. Available: www.iso.org.
- [14] C. Making, “Bienvenidos a la IEC,” *Com. Electrotécnica Int.*, vol. 131, p. 131, 2011.
- [15] “American National Standards Institute - ANSI Home.” <https://www.ansi.org/> (accessed Apr. 01, 2021).
- [16] “IEEE Brand Overview - IEEE Brand Experience.” https://brand-experience.ieee.org/ieee-brand/brand-overview/?WT.mc_id=lp_ab_tag (accessed Jun. 25, 2021).
- [17] “¿Qué son las normas DIN? - Meca-Fontde.” <https://meca-fontde.com/las-normas-din/> (accessed Feb. 26, 2021).
- [18] *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*. .
- [19] E. Puentes, “Estandares De Ieee 802.1.”
- [20] Y. C. D. E. E. Arconel, “Resolución No. ARCONEL-006/2020,” pp. 1–58, 2020.
- [21] “Industria 4.0 la cuarta revolución industrial inteligente.” <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/> (accessed Jun. 25, 2021).
- [22] I. Producto, “Reflector Arena Vision Gen 3,” pp. 3–6.
- [23] E. Mathews, S. Serdar Guclu, Q. Liu, T. Ozcelebi, and J. J. Lukkien, “The Internet of Lights: An Open Reference Architecture and Implementation for Intelligent Solid State Lighting Systems,” 2017, doi: 10.3390/en10081187.
- [24] D. Guide, “Open Access Web Service,” 2017.
- [25] N. Rohs, “Openet ics,” pp. 1–3, 2008.
- [26] “Cable f-utp 6a furukawa.pdf.” .
- [27] C. Reviews, “the World of,” *Chem. Rev.*, no. September, pp. 1–11, 1997.

- [28] “¿Qué es un router? - Definición y usos - Cisco.”
https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/what-is-a-router.html (accessed Jun. 05, 2021).
- [29] “¿Qué es un firewall? - Cisco.”
https://www.cisco.com/c/es_mx/products/security/firewalls/what-is-a-firewall.html (accessed Jun. 06, 2021).
- [30] E. Guzmán, A. Mátér, S. Luis, and C. Marx, “Protocolo de comunicación TCP / IP y ethernet,” 2018.
- [31] “El modelo OSI.”
http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtmll/xhtmll22/index.html (accessed Apr. 18, 2021).
- [32] T. Digital, I. Interface, T. Dali, G. Electrical, and E. Manufacturers, “DiiA acquires DALI trademarks,” *Digit. Illum. Interface Alliance - IEEE Ind. Stand. Technol. Organ.*, pp. 1–2, 2017, [Online]. Available: <https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/2/4/diia-acquires-dali-trademarks.pdf>.
- [33] “MIDI - Artistic Licence Integration.”
<https://artisticlicenceintegration.com/technology-brief/technology-resource/midi/> (accessed Feb. 18, 2021).
- [34] E. Vilches, “El contactor Ventajas,” pp. 1–22, 2013.
- [35] “¿Sabés qué es y cómo funciona un disyuntor?”
<https://www.luminotecnica.com.py/blog/52/Sabes-que-es-y-como-funciona-un-disyuntor> (accessed Feb. 20, 2021).
- [36] CENTELSA, “Cables para instrumentación y control 1,” pp. 1–20, 2010.
- [37] U. N. I. En-iso and U. N. I. En-iso, “Products and systems for the connection of electrical panels 2017-2018 Edition,” 2018.
- [38] H. Xb, “Product datasheet XB4BD21,” no. 1, pp. 22–25, 2018.
- [39] “Harmony XB4 Control and signalling units,” *Control*, no. October, pp. 2–3, 2008.

- [40] "1 Cargador Defender-8-Telwin.Pdf." .
- [41] C. P. Transferencias, "CONTROLADOR PARA TRANSFERENCIAS AUTOMÁTICAS Descripción."
- [42] J. Tomandl, C. Republic, and C. Republic, "Plug-in Ethernet module," pp. 1–22, 2019.
- [43] G. Para, I. Blackberry, and D. Software, "Manual De Usuario." .
- [44] "De Distribución Monofásicos - Trifásicos."
- [45] Rymel.com, "Catalogo de transformadores," p. 11, 1980, [Online]. Available: <http://www.rymel.com.co/CatalogoProductos.pdf>.
- [46] "GUIA DE PROTECCIONES.pdf." .
- [47] P. Contra, R. Centellas, Y. D. Electricas, C. Protegerse, and D. E. L. O. S. R. Pararrayos, "Los rayos."
- [48] R. D. E. Una and M. A. Tierra, " $E_p = s t E_t = s t \rho I E = k k p s i L \rho I E = k k t m i L t k k m s i A c = I \square \square \log \square T_m - T_a + 1 \square \square$," no. 22, pp. 37–42, 2003.
- [49] "DIALux es el estándar mundial en software de diseño de iluminación." <https://www.dialux.com/es-ES/> (accessed Jun. 25, 2021).
- [50] "EcoStruxure Power Design - Ecodial | Schneider Electric Global." <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/61013-ecostruxure-power-design---ecodial/> (accessed Apr. 19, 2021).
- [51] "WebSupervisor." <https://www.websupervisor.net/> (accessed Apr. 19, 2021).
- [52] R. Barrantes, "Libro_Investigacion_camino_conocimiento_Barrantes.pdf.pdf" p. 269, 1999.
- [53] "El Estudiante Electromecánico: MAPA ISOCERÁUNICO DEL ECUADOR." <http://elestudianteelectromecanico.blogspot.com/2015/09/mapa-isoceraunico-del-ecuador.html#comment-form> (accessed Sep. 15, 2021).

3.9. Anexos