

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TEMA:

**Proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de
fútbol de la UCSG**

AUTOR:

Esteves Espinoza, Gerardo Ramón

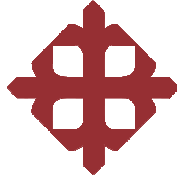
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de **INGENIERO
EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente M.Sc

Guayaquil, Ecuador

20 de septiembre 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Esteves Espinoza, Gerardo Ramón**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

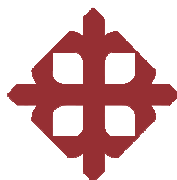
TUTOR

f. _____
Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Heras Sanchez Miguel Armando, M.Sc

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, ESTEVES ESPINOZA, GERARDO RAMÓN

DECLARO QUE:

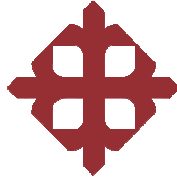
El Trabajo de Titulación, **“Proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de fútbol de la UCSG”** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

f. _____
ESTEVES ESPINOZA, GERARDO RAMÓN



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, **ESTEVES ESPINOZA, GERARDO RAMÓN**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de fútbol de la UCSG”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR:

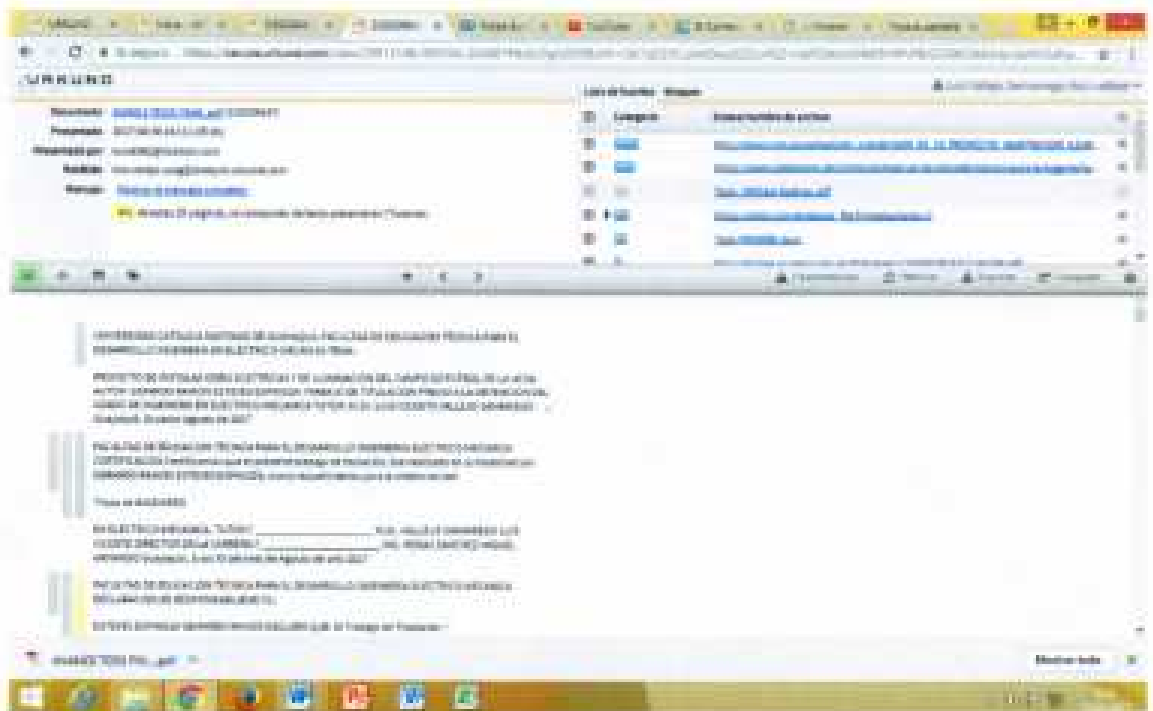
f. _____
ESTEVES ESPINOZA, GERARDO RAMÓN

REPORTE URKUND

Datos

Documento: Trabajo de Titulación
Título del Trabajo: "PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ILUMINACIÓN DEL CAMPO DE FUTBOL DE LA UCSG"
Carrera: Ingeniería en Eléctrico Mecánica
Estudiante: GERARDO RAMÓN ESTEVES ESPINOZA
Semestre: A-2017
Fecha: AGO/2017

Reporte final URKUND



Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 4%.


Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc.
DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las cosas que me ha enseñado y me seguirá enseñando por el resto de mi vida.

A mi madre Eloísa Espinoza, mi padre Gustavo Esteves y mi hermano Rodrigo Esteves, por ser pilar fundamental de mi crecimiento como hijo, hermano y persona.

A mi esposa Mishel Cuesta, por ser mi apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A mis compañeros y amigos de la Universidad, por todos los grandes momentos que compartimos.

A mi tutor de tesis y al director de carrera por el apoyo brindado en cada una de mis interrogantes y dudas durante el proceso de titulación.

GERARDO RAMÓN ESTEVES ESPINOZA

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis se lo dedico a toda mi familia, especialmente a mi esposa Mishel Cuesta y a mi hijo German Esteves, que han sido mi inspiración para esforzarme y mejorar cada día, llegando a cosechar grandes logros en mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
ING. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____
ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc
COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____
ING. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc
OPONENTE

INDICE

CAPÍTULO 1	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Tipo de investigación.....	3
1.5 Hipótesis	3
1.6 Metodología	3
PARTE I MARCO TEÓRICO	4
CAPÍTULO 2	4
COMPONENTES DE CONEXIÓN ENTRE LA RED DE MEDIA TENSIÓN Y EL SISTEMA ELÉCTRICO	4
2.1 Generalidades de un sistema eléctrico	4
2.2 Red de media tensión.....	4
2.2.1 Conductores de media tensión	4
2.2.2 Postes para red de media tensión	6
2.2.3 Aisladores	7
2.3 Acometida eléctrica.....	7
2.3.1 Acometida en media tensión	8
2.3.2 Acometida Baja tensión	9
2.4 Transformador eléctrico.....	10
2.4.1 Características del transformador según su aplicación al diseño	10
2.4.2 Protección de los Transformadores de Media Tensión.....	11
2.5 Equipos de medición.....	12
2.5.1 Medidor para medición directa	12
2.5.2 Medidor para Medición Indirecta	12

2.5.3	Conductor de señal para medición	12
2.6	Tableros eléctricos	13
2.6.1	Tipos de tableros eléctricos para el diseño.....	13
2.7	Interruptores.....	13
2.7.1	Tipos de interruptores eléctricos de protección	14
2.8	Estación de transformación.....	14
2.9	Puntos de control.....	15
2.10	Pozos de revisión para instalaciones de acometidas eléctrica subterráneas.....	15
2.11	Salidas para alumbrados.....	15
2.12	Interconexión de las instalaciones eléctricas.....	15
2.13	Puesta tierra o neutro de los sistemas eléctricos	15
2.13.2	Elementos que componen una puesta a tierra	16
CAPÍTULO 3		17
PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA LUMINOTECNIA		18
3.1	Introducción	18
3.2	La Luz.....	18
3.3	Luminotecnia	18
3.4	Magnitudes fundamentales de la luminotecnia	19
3.4.1	Flujo luminoso (ϕ).....	19
3.4.2	Intensidad luminosa (I)	21
3.4.3	Illuminancia (E)	22
3.4.4	Luminancia (L)	23
3.4.5	Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa	24
3.5	Uniformidad luminosa	25
3.5.1	Factor general de uniformidad de la iluminancia.....	25
3.5.2	Factor de uniformidad externa	25
3.5.3	Coefficiente de variacion (CV)	25
3.6	Deslumbramiento.....	26

3.6.1	Efectos del deslumbramiento	26
3.7	Temperatura de color	27
3.8	Índice del rendimiento del color (IRC).....	27
3.9	Principios y leyes fundamentales de la luminotecnia	27
CAPITULO 4	.....	29
ILUMINACIÓN PARA CAMPOS DE FÚTBOL	.....	29
4.1	Generalidades.....	29
4.2	Función del alumbrado.....	29
4.3	Requerimientos del alumbrado	29
4.4	Deslumbramiento de campo de futbol	30
4.5	Uniformidad de luminancia	30
4.6	Criterios de iluminación.....	30
4.6.1	Iluminación horizontal	30
4.6.2	Iluminancia vertical.....	31
4.6.3	Evaluación de deslumbramiento en escenario deportivo	31
4.6.4	Deslumbramientos externos.....	32
4.6.5	Recomendaciones para los criterios lumínicos.....	32
4.6.6	Moldeados y sombras.....	33
4.6.7	Apariencia y reproducción del color	33
4.7	Fuentes de luz	34
4.7.1	Lámparas incandescentes.....	34
4.7.2	Lámparas incandescentes halógenas.....	35
4.7.3	Lámparas fluorescentes.....	35
4.7.4	Lámparas fluorescentes compactas (CFL).....	35
4.7.5	Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HID).....	36
4.7.6	Lámpara de haluros metálicos (Metal Halide).....	36
4.7.7	Lámparas de vapor de sodio de baja presión	36
4.7.8	Lámparas de vapor de sodio de alta presión	37
4.7.9	Lámparas de luz mixta	37

4.7.10	Características más relevantes de las lámparas	37
4.8	Luminarias	38
4.8.1	Generalidades	38
4.8.2	Grados de protección contra polvo y humedad.....	38
4.8.3	Luminarias para iluminación exterior por proyección	39
4.8.4	Tipos de luminarias por proyección según su apertura de haz de luz y su geometría ³⁹	
4.8.5	Clasificación de las luminarias de exterior según los factores de eficiencia..	42
4.9	Criterios para selección de los equipos (lámpara/luminaria)	44
4.9.1	Altura para montaje de luminarias	44
4.9.2	Potencia adecuada de las luminarias	45
4.9.3	Fotometría adecuada para exteriores.....	46
4.10	Método para el cálculo de lumen	46
4.10.1	Método para el cálculo de lúmenes para iluminación de exterior	47
CAPÍTULO 5		52
NORMAS DE ILUMINACIÓN PARA CAMPOS DE FUTBOL		52
5.1	Generalidades.....	52
5.2	Consideraciones técnicas	52
5.2.1	Categorías de competiciones de futbol	52
5.2.2	Planificación de las torres de luminarias para eventos no televisados.....	53
5.2.3	Niveles de iluminancia para campos de futbol.	54
5.2.4	Uniformidad y variación.	55
5.2.5	Temperatura de color.	55
5.2.6	Índice de reproducción del color.....	55
5.2.7	Lámparas para escenarios de futbol	55
5.2.3	Definición de alturas	56
5.2.4	Estadísticas de iluminación para campos de futbol.....	56
5.3	Cálculos luminotécnicos	57
5.3.1	Software Ulysse 2.2	58

5.4	Procedimiento para la simulación lumínica software ULYSSE 2.2	59
PARTE II APORTACIONES		63
CAPÍTULO 6		63
SISTEMA DE ILUMINACIÓN		63
6.1	Análisis del proyecto.....	63
6.2	Datos obtenidos por medición del campo de futbol.....	63
6.3	Selección del sistema de alumbrado	63
6.4	Altura de montaje de las luminarias.....	64
6.5	Elección de las fuentes luminosas.....	65
6.6	Selección de las luminarias o proyectores	65
6.7	Cálculo de lúmenes basado en la selección de luminaria.....	66
6.8	Simulación en software “Ulysse”	69
	Tipo 4 POSTES con proyectores de 2000W	69
CAPÍTULO 7		75
MEMORIA DESCRIPTIVA		75
7.1	Antecedentes.....	75
7.2	Objetivo.....	75
7.3	Emplazamiento	75
7.4	Situación	75
7.5	Datos obtenidos por medición.....	75
7.6	Demanda requerida por la instalación.....	76
7.7	Extensión de Red De Media Tensión.....	77
7.8	Punto De Transformación	77
7.9	Acometida En Baja Tensión	78
7.10	Sistemas de medición.....	79
7.11	Tablero de distribución	79
7.12	Barras de Distribución	79
7.13	Pozo De Revisión.....	80
7.14	Interconexión del sistema eléctrico.....	80

CAPÍTULO 8	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
8.1 Conclusiones.....	81
8.2 Recomendaciones	82
ANEXOS	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructura interna de los conductores.....	5
Figura 2.2 Poste de hormigón con cruceta metálica	6
Figura 2.3 Poste de sección metálica con apoyos de chapas metálicas.....	7
Figura 2.4 Interruptor termomagnético.....	14
Figura 2.5 Fusible seccionador	11
Figura 3.1 Región del espectro visible.....	18
Figura 3.2 Curva de la sensibilidad del ojo.....	19
Figura 3.3 Angulo interno de una circunferencia.....	20
Figura 3.4 Ángulo interno de una esfera compacta.....	21
Figura 3.5 Magnitud de intensidad luminosa en una sola dirección	22
Figura 3.6 Concepto de iluminancia	22
Figura 3.7 Luminancia de una superficie.....	23
Figura 3.8 Triangulo rectángulo formado por las superficies aparente y real.....	24
Figura 3.9 Rendimiento luminoso.....	24
Figura 4.1 Medidas para el cálculo de índice de deslumbramiento	32
Figura 4.2 Clasificación general de las fuentes de luz	34
Figura 4.3 Proyección de la imagen con haz simétrica cónica	40
Figura 4.4 Proyección de la imagen con haz asimétrico vertical.....	40
Figura 4.5 Proyección lateral	40
Figura 4.6 Proyección diagonal	41
Figura 4.7 Proyección de la imagen con doble simetría	41
Figura 4.8 Proyección de la imagen con doble simetría	41
Figura 4.9 Reflexión de proyectores en posición lateral.....	42
Figura 4.10 Reflexión de proyectores en posición diagonal	42
Figura 4.11 Ejemplo para calcular altura y distancias, para torres de iluminación lateral.....	44
Figura 4.12 Potencia recomendada en base a la altura de montaje	45
Figura 4.13 Representación de la distancia de proyección	46

Figura 4.14 Ubicación de la torre con los puntos de referencia para el calculo.....	48
Figura 5.1 Clase III, partidos nacionales.....	53
Figura 5.2 Clase II, partidos de liga o clubes.....	53
Figura 5.3 Clase I, partidos de entrenamientos y juegos particulares.....	54
Figura 5.4 Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales.	56
Figura 5.5 Sección 1 de los cálculos lumínicos	58
Figura 5.6 Sección 2 de los cálculos lumínicos	59
Figura 5.7 Sección 1 de los cálculos lumínicos	59
Figura 5.8 Interface del software	60
Figura 5.9 Primer paso para simular el proyecto	60
Figura 5.10 Recopilación de datos para construir la malla	61
Figura 5.11 Elaboración de las luminarias.....	61
Figura 5.12 Recopilación de datos para la selección de luminarias.....	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Característica de los diferentes tipos de conductores.....	5
Tabla 2.2 Diámetros interiores para tuberías de M/T	9
Tabla 2.3 Sección mínima de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos	17
Tabla 3.1 Apariencia del color por su temperatura.....	27
Tabla 3.2 Clasificación del IRC según su grado y apariencia.....	27
Tabla 4.1 Características de las lámparas	37
Tabla 4.2 Clasificación de luminarias de acuerdo al grado de protección contra polvo postulado por la IEC 529	38
Tabla 4.3 Clasificación de las luminarias de acuerdo al grado de protección contra la humedad.....	39
Tabla 4.4 Factor de depreciación por suciedad en las luminarias.....	44
Tabla 4.5 Datos para determinar el factor ajustamiento	50
Tabla 5.1 Categoría de competiciones	53
Tabla 5.2 Métodos referenciales para el cálculo de uniformidad	55
Tabla 5.3 Especificaciones para campos clase V y IV.....	57
Tabla 5.4 Especificaciones para campos clase I, II y III.....	57

RESUMEN

El presente proyecto titulado “PROYECTO DE INTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ILUMINACIÓN DEL CAMPO DE FUTBOL DE LA UCSG”, tiene la finalidad de aportar a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, un estudio en luminotecnia para una posible adecuación de un alumbrado optimo y eficaz para el nuevo campo ubicado en la parte posterior-superior de la Facultad de Medicina.

Adicionalmente el campo de futbol no cuenta con una instalación eléctrica para acometer desde la red de M/T, es decir, el proyecto de alumbrado va de la mano con un diseño de circuito eléctrico para la instalación del mismo y un diseño de una extensión de la red de M/T desde el ultimo poste más cercano al sector del campo de futbol, que está ubicado en la parte posterior del coliseo de la universidad.

El proyecto ayudara no solo a mejorar la calidad del campo de futbol de la UCSG, sino también al crecimiento practico de los deportistas y al avance de la UCSG como una institución en constante renovación.

Palabras Claves: INSTALACIÓN ELÉCTRICA, SISTEMA DE ALUMBRADO, LÁMPARA, LUMINARIA, LUMINANCIA, CAMPO DE FUTBOL.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El nuevo campo de futbol de la UNIVERSIDAD DE CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL, pronto abrirá sus puertas para poder realizar actividades o eventos deportivos tanto internos como externos, eventos que pueden realizarse tanto en la mañana como en la noche.

Pero existe un inconveniente, no es posible realizar dichos eventos en horarios nocturnos, ya que no existe un sistema de alumbrado, debido a que el curso de la red de media tensión no llega hasta el sector del campo de futbol.

1.2 Justificación

Se pretende proyectar un diseño de sistema alumbrado para el campo de futbol de la UCSG, el cual se encuentra en un sector que carece de energía eléctrica, es decir, adicionalmente se diseñará una extensión de la red de media tensión con la finalidad de alimentar el sistema eléctrico del alumbrado del campo de futbol de la universidad.

Satisfacer la necesidad de luz del campo de futbol ayudara a visualizar los cuerpos al momento de realizar estos eventos en horarios vespertinos y nocturnos, donde la reproducción de las imágenes se dificulta.

Aprovechando este inconveniente de la falta de alumbrado, se hace una investigación optima y eficaz, simulada en un software para mejorar el cálculo exacto de la carga lumínica necesaria, basada en las leyes fundamentales de la luminotecnica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar el proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de futbol de la UCSG

1.3.2 Objetivos específicos

- Proyectar la extensión de la red de media tensión con destino al sector de del campo de futbol de la UCSG.
- Diseñar el sistema eléctrico de la carga del campo de futbol.
- Diseñar el sistema de alumbrado eléctrico para la iluminación adecuada.
- Realizar el levantamiento de datos técnicos necesarios para la simulación y el cálculo de la carga lumínica en del alumbrado.
- Analizar los datos técnicos para la realizar la comparación y selección del sistema de luminaria adecuadas para el alumbrado del campo de futbol de la UCSG.
- Calcular la cantidad de lúmenes necesarias para que sea posible la visión de manera cómoda y segura para los usuarios.

1.4 Tipo de investigación

Este proyecto engloba dos formas de investigación de acuerdo con el tema, que son de tipo analítico, gracias a la necesidad de cálculos para una visión eficaz hacia el visor, y de tipo documental, ya que el tema busca conocer para hacer, actuar, construir o modificar.

1.5 Hipótesis

Una buena instalación eléctrica para el campo de futbol de la UCSG y una correcta selección de lámparas para la iluminación del campo, darán como resultado una visión clara, eficiente y concisa de los cuerpos que se iluminan.

1.6 Metodología

La metodología de este proyecto es de tipo analítico investigativo, va con respecto al análisis y cálculo de las variables de luminotecnia, tanto como para su forma de producir luminosidad como para controlarla y aplicarla.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

COMPONENTES DE CONEXIÓN ENTRE LA RED DE MEDIA TENSIÓN Y EL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1 Generalidades de un sistema eléctrico

Se entiende como sistema eléctrico al conjunto de equipos, elementos y componentes, los cuales dan paso a transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de alimentación hasta los dependientes de la misma.

2.2 Red de media tensión

Esta red es la necesaria para poder suministrar el servicio de energía eléctrica a una nueva instalación cuando la carga requiera de un valor de mayor a 13,2 KVA.

La red en muchos casos, no llega a ciertas áreas ya que no existen edificaciones que requieran de un servicio eléctrico, por esta razón para desarrollar ciertos proyectos que requieran un servicio eléctrico es necesario la construcción de una extensión de la red de media tensión. Los elementos que componen la red de media tensión son:

2.2.1. Conductores de media tensión

Estos conductores son los responsables de transportar la energía eléctrica de 13.2KV hacia los diferentes puntos de distribución o transformación, estos conductores pueden ser aéreas o subterráneas.

Las características más importantes de los conductores son:

- Resistencia eléctrica baja, responsable de reducir las pérdidas por disipación de calor.
- Alta resistencia mecánica; responsable de evitar en lo mínimo las necesidades de apoyo y reducir posibles roturas

Los conductores se pueden componer por un alambre único o por un grupo de cables compuestos de hilos agrupados y enrollados entre sí por torsión.

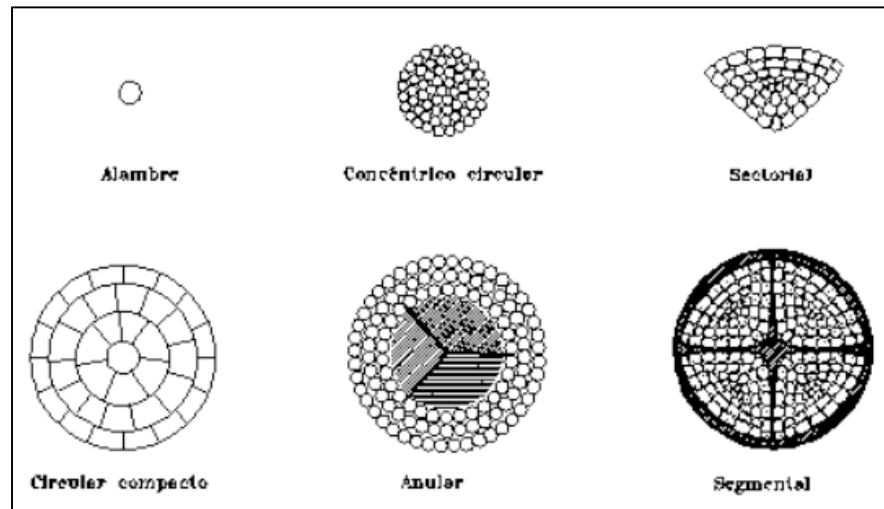


Figura 2.1 Estructura interna de los conductores

Fuente: (Garcia, 2014).

2.2.1.1 Tipo de alambre conductor

- Acero
- Cobre
- Aluminio

Tabla 2.1 Característica de los diferentes tipos de conductores

TIPO DE CONDUCTOR	CARACTERISITCAS DEL CONDUCTOR
ACERO	Alta resistencia eléctrica (0.11 Ω .mm ² /m)
	Alta resistencia mecánica (133 kg/mm ²)
	Bajo precio
	Vida útil corta por corrosión.
COBRE	Alto peso (7.78kg/dm ³)
	Baja resistencia eléctrica (0.017 Ω .mm ² /m)
	Resistencia mecánica según el tratamiento térmico
	Precio en ascenso desde 2001
ALUMINIO	Alto peso (8.89kg/dm ³)
	Resistencia eléctrica media (0.028 Ω .mm ² /m)
	Baja resistencia mecánica (20 kg/mm ²)
	Bajo precio.
	Bajo peso (2.70kg/dm ³)

Fuente: Autor

2.2.2 Postes para red de media tensión

Son los responsables de sostener los elementos que intervienen en la conducción de energía mediante un apoyo o una cruceta, ubicado de forma perpendicular al poste, y los mantiene a una altura estándar de 6 m proporcionalmente a su nivel horizontal y la conexión con las otras torres adyacentes (Prieto, s.f).

2.2.2.1 Clasificación de los postes según su material

- Madera: pino, abeto o castaño.
- Hormigón armado (preferentemente vibrado).
- Metálicos de acero, de forma tubular, de perfiles laminados y de chapa



Figura 2.2 Poste de hormigón con cruceta metálica
Fuente: Autor

2.2.2.2 Clasificación de los apoyos según su función

- Alineación: Únicamente sostienen los conductores (alineaciones rectas).
- Ángulo: Sirven para sostener los conductores en los vértices de alineaciones diferentes.
- Anclaje: Proporcionan puntos firmes que limiten la propagación de esfuerzos longitudinales.
- Fin de línea: Deben resistir la sollicitación de todos los conductores y cables de tierra de la línea.



Figura 2.3 Poste de sección metálica con apoyos de chapas metálicas
Fuente: Autor

2.2.2.3 Crucetas según el tipo de material de los apoyos:

- Madera: Crucetas de madera o hierro.
- Hormigón: Crucetas de acero galvanizado.
- Metálicos: Perfiles laminados de acero.

2.2.3 Aisladores

Son piezas de porcelana o cristal, aíslan de su soporte los alambres de conducción de la corriente eléctrica de media tensión. Ciertos tipos de caucho se utilizan a menudo, también llamados aislante polímero. Cualquier cosa que la electricidad no puede pasar a través es un aislante. Aisladores eléctricos previenen que dos cables en las proximidades se toquen entre sí.

Los aisladores eléctricos de media tensión son usados como:

- Transmisión y distribución de líneas, Como los aisladores de suspensión
- Subestaciones, Como aislante polímero
- Estaciones, Como aislador general

2.3 Acometida eléctrica

Las acometidas eléctricas es el punto de conexión entre la red de distribución, propiedad de la empresa distribuidora, con el punto de suministro del cliente.

Generalmente estos trabajos son llevados a cabo por las empresas distribuidoras de la zona.

Previo a la construcción de una acometida el encargado del diseño tiene la obligación de obtener la autorización respectiva a la entidad responsable de suministrar la energía eléctrica con una anticipación de 72 horas.

2.3.1 Acometida en media tensión

Se comprende como la acometida que se conecta a una red de distribución sobre los 600 voltios y hasta 15 kV y comprende los conductores de alimentación con sus accesorios, desde dicha red hasta los bornes del transformador o hasta el equipo de medición en media tensión, en caso de existir.

2.3.1.1 Acometida aérea

Según las normas NATSIM para las acometidas aéreas de media tensión, solo se construirá siempre y cuando el sector no este pavimentado, exista una construcción zanjas de drenaje y no exista aceras construidas.

Cuando se prevé la instalación de este tipo de acometida, es necesario el uso de un cable tensor de acero de 3/8" de diámetro, este cable se precisará en el último poste junto al punto de transformación.

Para el ingreso de los cables conductores de la acometida de media tensión, se usará un tubo de metal rígido para uso eléctrico de 3" de diámetro con entrada de dos conductores, y de 4" de diámetro con entrada para más de dos conductores, esta tubería se ubicará junto al último poste de la acometida. La altura mínima para las acometidas de media tensión cuando cruzan las calles es de 6m.

2.3.1.2 Acometida subterránea

Es el conjunto de conductores y accesorios que conectan una red de distribución subterránea con el medidor del punto de entrega del usuario. Pueden servir para cargas menores a 35kw, pero si la carga de la instalación supera los 35kw, es

requisito obligatorio construir una acometida de tipo subterránea para una mayor protección ante una posible fuga de corriente

2.3.2 Acometida Baja tensión

Se entiende como acometida a la línea eléctrica ya sea subterránea o aérea dependiendo del proyecto, que se conecta de un lado con la salida del transformador que está conectada a la red de distribución eléctrica (CNEL), y por el otro lado al sistema de medición del usuario. En los terminales de entrada de las acometidas se colocan como protección apartarrayos para evitar cualquier daño en la instalación y los equipos debidos a altos voltajes.

2.3.2.1 Diámetro Mínimo de las Tuberías de Acometida de baja tensión.

El diámetro interior mínimo para las tuberías de acometida en baja tensión será:

Tabla 2.2 Diámetros interiores para tuberías de M/T

Acometidas monofásicas hasta 70 amperios:	1 1/4"	32mm
Acometidas monofásicas hasta 150 amperios:	2"	50mm
Acometidas trifásicas hasta 70 amperios:	2"	50mm
Acometidas trifásicas hasta 125 amperios:	2 1/2"	63mm

Fuente: (Saveiro, 2012)

2.3.2.2 Acometida subterránea

Los conductores de acometidas subterráneas serán cables monoconductores con aislamiento tipo TTU, RHW, THW o equivalentes, el calibre de los conductores será determinado por la demanda.

Para acometidas subterráneas provenientes de un poste del sistema de distribución aéreo, se construirá una caja de revisión al pie del poste de arranque de la acometida y las que sean necesarias hasta ubicarse frente al sitio de medición e ingresar al predio con un tramo recto a 90°.

2.4 Transformador eléctrico

Un transformador eléctrico es un equipo que se encarga de disminuir o aumentar el voltaje de entrada o suministro a un voltaje mayor o igual al de la carga requerida. Existen instalaciones que requieren niveles de voltajes mayores y para esto es necesario instalar varios transformadores colocados en una misma ubicación (subestación).

2.4.1 Características del transformador según su aplicación al diseño

Existe una variedad de transformadores, que dependerán según su aplicación al diseño. A continuación, se clasifico las características del transformador según los requerimientos del proyecto y la preferencia del autor:

2.4.1.1 Transformador reductores

Son transformadores capaces de disminuir la tensión de salida con relación a la tensión de entrada. En su estructura interna, el número de espiras del devanado primario es mayor al devanado del secundario. Ya que nuestro sistema eléctrico va a contar con un circuito para el alumbrado vamos a reducir el valor de la red de media tensión a un valor de baja tensión, se tomó en cuenta estos transformadores.

2.4.1.2 Transformador trifásico

Estos transformadores son los más empleados, los cuales registran voltajes de muy poca potencia comenzando desde los 10kVA, hasta potencias máximas extremas de hasta 150MVA. Se pueden encontrar como reductores en instalaciones particulares, subestaciones, etc.

2.4.1.3 Transformador de alimentación o distribución

Estos transformadores pueden ser fabricados con una o varias bobinas secundarias y entregan tensiones necesarias para el funcionamiento de los equipos. En ocasiones se incorpora a estos transformadores un fusible térmico que protege el

circuito primario cuando el transformador alcanza una temperatura por arriba de su alcance máximo; cuando estos fusibles se alojan en el interior del devanado, no suelen reemplazarse.

2.4.2 Protección de los Transformadores de Media Tensión

2.4.2.1 Cajas Fusibles

Según las normas establecidas en el NATSIM, se instalarán los transformadores con un conjunto de equipos de protección y seccionamiento en el lado primario, consiste en la conexión de una caja fusible de 15KV de 100 A y un pararrayo de 10 KV en las fases, todas por individual, estas se instalarán en el poste de la acometida de media tensión.

El equipo de protección será suministrado por el Consumidor, previa aprobación del Distribuidor.

2.4.2.2 Fusible seccionador

Un fusible seccionador es un elemento electromecánico que permite la separación mecánica de un circuito eléctrico con su alimentación, llegando a garantizar visiblemente una distancia adecuada para un aislamiento eléctrico.



Figura 2.4 Fusible seccionador
Fuente: (MYEEL)

2.4.2.3 Celdas de Media Tensión

Si se planea la instalación de un transformador trifásico o un banco de transformadores, que tenga una capacidad de transformación superior a 500 kVA, será necesario la instalación de un interruptor automático de operación, o también puede instalarse un seccionador de fusible de operación simultanea de las fases a plena carga. El Consumidor será el encargado de cubrir el gasto de las protecciones, previa una

aprobación oficial del suministrador de energía eléctrica. Su locación será en una superficie adyacente al banco de transformadores, espaciado por una pared de mampostería.

2.5 Equipos de medición

Los equipos de medición son aparatos que pertenecen a la empresa eléctrica suministradora, es colocada en la acometida con el objetivo de cuantificar el consumo de energía eléctrica en la instalación eléctrica. Estos equipos deben estar con su sello de seguridad respectivo, protegido de cualquier agente externo ajeno al equipo y ubicados en un lugar asequible para su lectura y revisión.

2.5.1 Medidor para medición directa

Es el encargado de registrar el consumo de energía eléctrica, la demanda y diversos parámetros eléctricos (Factor de potencia, frecuencia, voltajes de líneas, etc.) requeridos tanto por el distribuidor como por el consumidor. Para su funcionamiento los medidores usan exclusivamente las señales de corriente y voltaje sin necesidad de un transformador de medición.

2.5.2 Medidor para Medición Indirecta

Es un equipo electrónico que tiene las mismas características que el medidor de medición directa con la diferencia, que para su funcionamiento utiliza señales de control provenientes desde los transformadores de medición.

2.5.3 Conductor de señal para medición

Son cables de control concéntrico con una protección de policloruro de vinilo, estructurado por 8 conductores de cobre #12 de características AWG, los cuales se encuentran interconectados entre las borneras de los transformadores de corriente y de potencial con los equipos de medición indirecta.

2.6 Tableros eléctricos

Los tableros de control son casilleros o gabinetes donde se colocan diferentes dispositivos de conexión, control, protección, medición y distribución, que permiten un funcionamiento perfecto y adecuado de las instalaciones eléctricas.

2.6.1 Tipos de tableros eléctricos para el diseño

Existen varios tipos de tableros eléctricos, los principales para este diseño son:

2.6.1.1 Tablero general o principal de distribución

Este tablero se coloca después del transformador y es el que porta el interruptor principal en una instalación eléctrica.

2.6.1.2 Tablero del medidor

Estos tableros reciben la energía eléctrica directamente del circuito de alimentación, y guardan en ellos los dispositivos de medición de energía eléctrica consumida desde el cual salen el circuito principal.

2.7 Interruptores

Son equipos de protección que se usan para interrumpir el flujo de intensidad eléctrica, su aplicación puede variar y ser tan sencilla, desde un simple interruptor de apagado y encendido como el de un interruptor selector de transferencia automático de múltiples capas controlados por un ordenador.

Su composición interna consiste de dos contactos metálicos inoxidables y un actuador, los contactos que están normalmente separados se unen para que permita la circulación de la corriente eléctrica, y la parte móvil que es el actuador en una de sus posiciones mantiene la presión en los contactos para mantenerlos conectados.

2.7.1 Tipos de interruptores eléctricos de protección

Existen varios tipos de interruptores eléctricos, los principales para este diseño son

2.7.1.1 Interruptores generales o principales

Se denomina interruptores generales a aquellos que se encuentran ubicados después del medidor eléctrico, entre la acometida eléctrica y el resto del circuito eléctrico de la instalación, su objetivo general es de desconectar y proteger el sistema eléctrico o la red administradora ante posibles cortocircuitos.

2.7.1.2 Interruptor termo magnético

Son interruptores que sirven para proteger y desconectar el flujo de la corriente eléctrica contra sobrecargas y corto circuitos. Se fabrican también en grandes tamaños por lo que se lo aplica como interruptores generales. En su estructura contiene un componente electrodinámico que responde rápidamente ante la presencia de un corto circuito.



Figura 2.5 Interruptor termomagnético
Fuente: (Schneider, 2014)

2.8 Estación de transformación

La estación de transformación será trifásica con respecto al transformador seleccionado, la misma será colocada en una estructura (poste) de hormigón armado, con una altura de 11m para conexión de red de media tensión con el tensor respectivo para el diseño.

2.9 Puntos de control

Estos puntos de control son también llamados estaciones de botones de control o de proceso o son los: limitadores de carrera, indicadores de nivel de presión, niveladores de luminosidad, etc.

2.10 Pozos de revisión para instalaciones de acometidas eléctrica subterráneas

Estos pozos son elementos de infraestructura urbana que tiene como principal función, facilitar el acceso para realizar tareas de revisión, mantenimiento y reparación de las líneas subterráneas que circulan por este. El ingreso a este tipo de pozo, está protegido por una tapa de registro de hormigón y hierro fundido.

2.11 Salidas para alumbrados

Las unidades de alumbrados, son elementos consumidores que convierten la energía eléctrica en energía lumínica y por lo general también en calor.

2.12 Interconexión de las instalaciones eléctricas

Para la interconexión de los circuitos en una instalación eléctrica se pueden usar cables de aluminio o cobre (generalmente los más usados), que puede estar dentro de las estructuras de la edificación o a la vista del usuario, en ductos o tuberías metálicas o de plásticos no combustibles. El calibre de los conductores va a depender: de la carga que debe de alimentar, del factor de potencia que produce la carga y de los valores estandarizados por las normas NATSIM.

2.13 Puesta tierra o neutro de los sistemas eléctricos

Tiene como objetivo dirigir hacia la tierra derivaciones de corrientes eléctricas indebidas producidas por alguna falla en la instalación o por alguna descarga atmosférica, consiguiendo así que no se produzca una diferencia de potencial peligroso en las instalaciones eléctricas y superficies cercanas al terreno.

2.13.2 Elementos que componen una puesta a tierra

Para que la instalación tenga una protección completa se clasifica la puesta tierra en los siguientes elementos

2.13.2.1 Tierra

Es aquel terreno que tiene como objetivo disipar las intensidades de fuga o de falla y las descargas atmosféricas.

2.13.2.2 Toma a tierra

Se entiende como toma a tierra a la protección que está constituido por una pieza metálica de baja resistencia llamada electrodo, pica o jabalina, que se encuentra incrustada o enterrada en el suelo. Esta pieza se encuentra conectada a la instalación mediante un cable aislante el cual debe acompañar a todas las derivaciones del cable de tensión de la instalación eléctrica; la protección completa de la instalación se consigue con un interruptor diferencial.

2.13.2.3 Sistema de puesta a tierra

Se entiende como sistema de puesta a tierra a la red de conductores aislantes, por lo general de color amarillo y verde, el cual se encuentra repartidas por toda la instalación eléctrica y que están conectadas a uno o más tomas a tierra.

2.13.2.4 Bornes de puesta a tierra

Los bornes de puesta a tierra o bornes principales son barras metálicas que tienen como objetivo conectar la toma a tierra y el sistema de puesta a tierra.

2.13.2.5 Tierra física

Se llama tierra física a la conexión de la varilla de cobre o electrodo de alta conductividad, con la tierra de descarga que normalmente debería ser húmedo para

mayor conductividad, o se complementa con una tierra especial húmeda con minerales, para evitar las descargas hacia el usuario en las carcasas de los equipos eléctricos en una instalación.

2.13.2.6 Neutro aislado

Se llama así al conductor de una instalación eléctrica que se encuentra conectado a la tierra a través de una impedancia.

Tabla 2.3 Sección mínima de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos

Intensidad o posición máxima del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, conductores, etc. (Amperios)	Sección	
	Cable de cobre n.º AWG/MCM	Cable de aluminio o de aluminio revestido de cobre* n.º AWG/MCM
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	1/0
1,000	2/0	4/0
1,200	3/0	250 MCM
1,600	4/0	350 MCM
2,000	250 MCM	400 MCM
2,500	350 MCM	600 MCM
3,000	400 MCM	600 MCM
4,000	500 MCM	800 MCM
5,000	700 MCM	1,200 MCM
6,000	800 MCM	1,200 MCM

Fuente: (Guayaquil. 2012). Normas NATSIM, Ing J. Saveiro, Guayaquil, Ecuador

CAPÍTULO 3

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA LUMINOTECNIA

3.1 Introducción

Similar a los rayos gamma o los rayos X, la luz es un estilo de energía. La proporción de una iluminación óptima y adecuada en lugares al aire libre o lugares que se desarrollen eventos de todo tipo, es el objetivo principal de la luz artificial; es por esto que es necesario y de gran importancia el estudio de los conceptos luminotécnicos para su buen manejo y control de intensidad.

3.2 La Luz

Es la energía radiante que provoca una sensación visual. Conforme a las capacidades y a algunas propiedades, la luz visible se encuentra localizada en el espectro luminoso, entre las radiaciones de luz ultravioletas y las de infrarrojo, comprendidas en los límites de longitud de onda, de entre 380nm y 760nm respectivamente, como se muestra en la figura 3.1.

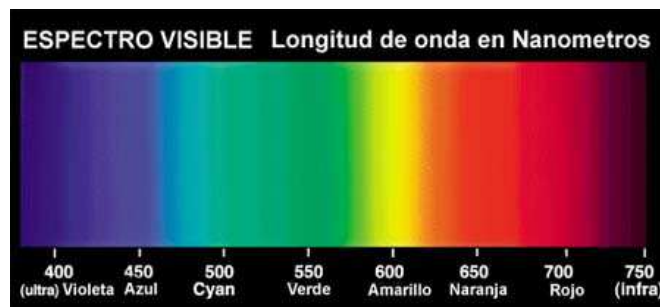


Figura 3.1 Región del espectro visible

Fuente: (Uncategorized, s.f.)

3.3 Luminotecnia

La luminotecnia es una ciencia que estudia las diversas maneras de producción de energía lumínica, así como su control y su aplicación. La iluminación es un proceso que requiere de una fuente de producción de luz y uno o varios objetos a iluminar.

3.4 Magnitudes fundamentales de la luminotecnia

La luz es una forma diferente de energía y como tal, debería tener una medida en Joule (J) en el Sistema Internacional de medidas, sin embargo, como la mayoría de las emisiones de luz producida por una fuente no resultan una sensación luminosa ni toda energía que se consume se transforma en luz, para poder cuantificar la radiación a la que el ojo humano es sensible, es necesario determinar nuevas magnitudes con sus respectivas unidades de medida. Las magnitudes fundamentales de la Luminotecnia son las siguientes: flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminancia, luminancia, eficiencia luminosa (CÁCERES, 2014).

3.4.1 Flujo luminoso (ϕ)

El flujo luminoso es la potencia emitida en forma de radiación luminosa por unidad de tiempo, distribuida en múltiples longitudes de ondas hacia todas las direcciones, capaz de afectar el sentido de la vista. El ojo humano no tiene igual sensibilidad con todos los colores, en otras palabras, cada color de luz tiene una longitud de onda diferente con respecto a la sensibilidad del ojo. En condiciones normales el ojo humano es más sensible a la luz de colores verde-amarillo, que tiene una longitud de onda de 555nm.

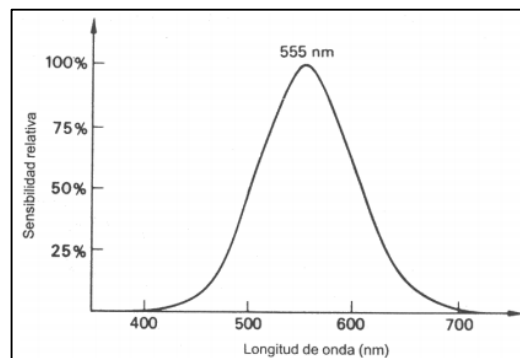


Figura 3.2 Curva de la sensibilidad del ojo
Fuente: Autor

$$(1) \phi_L = \frac{dQ_l}{dt} (lm)$$

Donde:

- (ϕ_L) es el flujo luminoso
- ($\frac{dQ_l}{dt}$) es la porción radiada de la energía lumínica por unidad de tiempo

Su unidad de medida, en el sistema internacional de medidas, es el lumen (lm) ya que mide la brillantez en comparación con la fuente patrón de luz. Es necesario saber ciertos conceptos para poder obtener el valor del flujo luminoso en lumen como lo son: radian y estereorradián.

3.4.1.1 Radian

Es el ángulo plano que denota a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. A una magnitud de superficie le corresponde un ángulo plano que se mide en radianes. Su fórmula en radianes es:

$$(2) \alpha = \frac{S}{R} rad$$

Dónde:

- (α) es el ángulo del arco de la circunferencia en radianes
- (S) la longitud del arco de la circunferencia
- (R) el radio la distancia del centro de circunferencia a la superficie
-

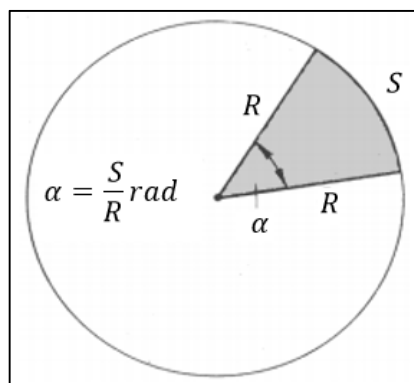


Figura 3.3 Angulo interno de una circunferencia
Fuente: Autor

3.4.1.2 Estereorradián

Es el ángulo sólido que corresponde a una figura esférica cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera. A una magnitud de volumétrica le corresponde un ángulo sólido que se mide en estereorradianes.

$$(3) \omega = \frac{S}{R^2} srad$$

Dónde:

- (ω) es el ángulo sólido de la esfera en estereorradianes
- (S) es la superficie cubierta del objeto
- (R) el radio de la esfera
-

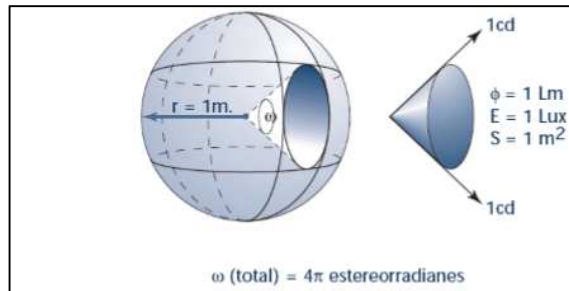


Figura 3.4 Ángulo interno de una esfera compacta
Fuente: Autor

Tomando como referencia la curva de la sensibilidad del ojo, 1 lumen equivale a $\frac{1}{680}$ watts emitidos con luz verde-amarilla a la sensibilidad máxima del ojo humano.

Para encontrar el valor del flujo luminoso de cada lámpara por su color, se toma como referencia la máxima sensibilidad del ojo humano por el valor de la potencia lumínica en watts, y guiándose con la curva de la sensibilidad del ojo multiplicar su unidad de porcentaje.

3.4.2 Intensidad luminosa (I)

La luz se dirige radialmente hacia afuera de forma rectilínea desde una fuente de luz que es pequeño en comparación con la superficie a su alrededor. La intensidad luminosa es la magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio, en otras palabras, la intensidad luminosa de una fuente de luz es la cantidad de flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido y su unidad es el lumen por estereorradián (lm/sr) llamada candela (cd).

$$(4) I = \frac{\phi}{\omega} \text{ srad}$$

Dónde:

- (I) es la intensidad de la fuente
- (ϕ) es el flujo luminoso
- (ω) es el ángulo solido de la fuente de luz

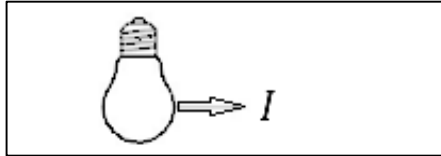


Figura 3.56 Magnitud de intensidad luminosa en una sola dirección
Fuente: Autor

3.4.3 Iluminancia (E)

Si la intensidad de la fuente de luz aumenta, su flujo luminoso que transmite a toda el área iluminado también aumenta. Esto nos dirige a calcular la cantidad de iluminación en un área determinada, en otras palabras, la iluminación (E) de una superficie iluminada (A) se define como el Flujo luminoso por unidad de superficie. Ya que el flujo se mide en lúmenes y el área en metros cuadrados, la unidad de iluminancia se medirá en lumen por metro cuadrado, o lux (lx) dispuesto por el sistema de unidades de medida.

$$(5) E = \frac{\phi}{S}$$

Dónde:

- (E) es la iluminancia
- (ϕ) es el flujo luminoso
- (S) la superficie iluminada



Figura 3.6 Concepto de iluminancia
Fuente: Autor

3.4.3.1 Iluminancia promedio

La iluminancia promedio es un factor importante a la hora de realizar un proyecto de iluminación. En otras palabras, es la sumatoria de las iluminancias

calculada en cada punto estratégico del sector a iluminar sobre el número de puntos estratégicos.

$$(6) E_{med} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} E_{p_i}}{n_p} \text{ (lux)}$$

Dónde:

- (E_{med}) es la iluminancia promedio
- ($\sum E_{p_i}$) es la sumatoria de las luminancias estratégicas
- (n_p) es el número de puntos estratégicos

3.4.4 Luminancia (L)

Efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. Dicho de una forma más simple, es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente proyectada verticalmente en una dirección determinada de irradiación. El área proyectada se calcula multiplicando la superficie real iluminada por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa.

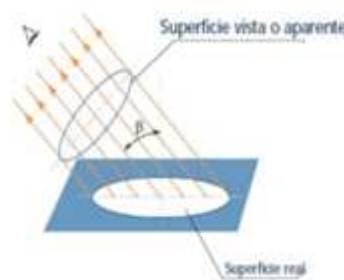


Figura 3.7 Luminancia de una superficie
Fuente: Autor

$$(7) L = \frac{I}{S_a} \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

Donde:

- (L) es la luminancia
- (I) es la intensidad luminosa de la fuente
- (S_a) es la superficie aparente perpendicular a la dirección de la luz

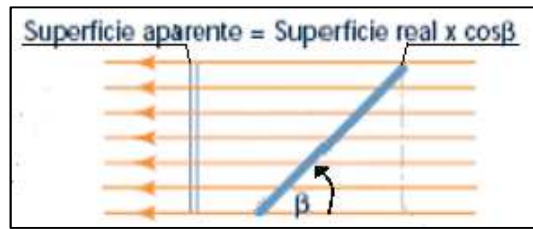


Figura 3.8 Triángulo rectángulo formado por las superficies aparente y real
Fuente: Autor

$$(8) \cos(\beta) = \frac{S_a}{S_r}$$

Donde:

- (S_r) es el área real que refleja la fuente
- $\cos(\beta)$ ángulo del vértice formado por los vectores S_a y la S_r

Reemplazando las ecuaciones 8 en 7

$$(9) L = \frac{I}{S_r \cdot \cos(\beta)} \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

3.4.5 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

Las lámparas no convierten toda la energía consumida en luz, parte de esta energía se pierde por el calor o la radiación externa. Este rendimiento se define como el cociente entre el flujo luminoso producido por la lámpara y la potencia eléctrica consumida, que viene definida con las características de las lámparas. Su unidad de medida es lumen/watts (lm/watt).

$$(10) \quad \varepsilon = \frac{\phi}{P} \left(\frac{lm}{watt} \right)$$

Dónde:

- (ε) es el rendimiento o eficiencia luminosa
- (ϕ) es el flujo luminoso
- (P) es la potencia eléctrica consumida

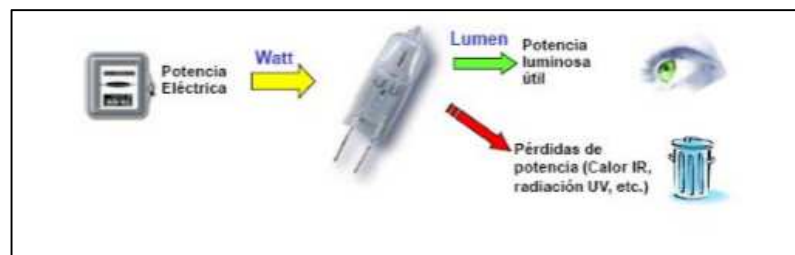


Figura 3.9 Rendimiento luminoso
Fuente: Autor

3.5 Uniformidad luminosa

La iluminación de un área determinada nunca será totalmente uniforme, ya que los valores de iluminancia siempre tendrán valores distintos dentro del área iluminado. Para tener claro la uniformidad de los niveles de iluminación en una superficie, es necesario señalar los factores que determinan los factores variables de iluminancia.

3.5.1 Factor general de uniformidad de la iluminancia

Este factor se determina mediante la relación entre la iluminación mínima y la iluminación media, aplicada sobre la superficie iluminada. Su símbolo son las letras U_m y su unidad viene expresada en porcentaje o por una relación.

$$(11) \quad U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}} (\%)$$

Donde:

- (E_{min}) es la iluminación mínima aplicada a la superficie
- (E_{med}) es la iluminación media aplicada a la superficie

3.5.2 Factor de uniformidad externa

Este factor se determina mediante relación entre la iluminación mínima y la iluminación máxima de la superficie iluminada. Su símbolo son las letras U_e , y su unidad viene expresada en porcentaje o por una relación.

$$(12) \quad U_m = \frac{E_{min}}{E_{max}} (\%)$$

Dónde:

- (E_{min}) es la iluminación mínima aplicada a la superficie
- (E_{max}) es la iluminación máxima aplicada a la superficie

3.5.3 Coeficiente de variación (CV)

El Coeficiente de Variación es un parámetro de estadística que indica en valores porcentuales, la relación entre la desviación de todos los valores de iluminancia y la iluminación media. la distribución totalmente homogénea de los valores de

iluminancia del área iluminada resulta siempre y cuando el CV tenga un valor igual a cero, es decir en sus variables no existen diferencias.

$$(13) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum(E_{pi} - E_{med})^2}{n_p}} \rightarrow CV = \frac{\sigma}{E_{med}}$$

Dónde:

- (σ) es la desviación estándar de los valores de iluminación.
- (CV) es el coeficiente de variación
- (E_{pi}) es la luminancia en un punto estratégico inicial
- (E_{med}) es la iluminación media aplicada a la superficie
- (n_p) es el número de puntos estratégicos

3.6 Deslumbramiento

Es la sensación visual que produce la fuente de luz cuando existe un exceso de brillo o luminancia en el campo de visión, causando una alteración en la sensibilidad del ojo, llegando a reducir la visibilidad.

3.6.1 Efectos del deslumbramiento

El efecto deslumbramiento se clasifica en:

3.6.1.1 Deslumbramiento perturbador

Se llama deslumbramiento perturbador aquel efecto que reduce la capacidad de visualización de los objetos, sin causar necesariamente molestias.

3.6.1.2 Deslumbramiento molesto

Se llama deslumbramiento molesto aquel efecto que, si causa molestias en la visualización de los objetos, pero no necesariamente se dificulta la visualización de estos.

3.7 Temperatura de color

La medición de la temperatura de color de una fuente de luz depende de su apariencia cromática y se basa según el principio, que todos los objetos cuando aumentan su temperatura por diferentes factores, emiten luz.

El color cambia dependiendo del aumento de temperatura, que se expresa en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

A continuación, se ilustra en una tabla la clasificación de los colores de luz según su temperatura.

Tabla 3.1 Apariencia del color por su temperatura

COLOR DE LUZ	TEMPERATURA DE COLOR ($^{\circ}\text{K}$)	APARIENCIA DE COLOR
amarillento	1800 - 2500	CALIDO
blanco calido	2600 - 3000	
blanco neutral	3100 - 4100	INTERMEDIO
blanco frio	4300 - 6000	FRIO
blanco luz día	6100 - 6500	

Fuente: (Roustaiyan, 2007)

3.8 Índice del rendimiento del color (IRC).

Indica el grado o nivel de precisión en el que un objeto que está iluminado pueda exponer su color real, bajo la influencia de una fuente lumínica. Cuando la luz influye en un cuerpo y el color que se reproduce es prácticamente igual al propio, entonces el valor de su IRC será igual o cercano a 100, que es el valor patrón de una lámpara incandescente de apariencia óptima.

Tabla 3.2 Clasificación del IRC según su grado y apariencia

GRADO DE IRC	IRC	APARIENCIA
1	$\text{IRC} \geq 85$	Muy bueno
2	$75 \leq \text{IRC} < 85$	Bueno
3	$40 \leq \text{IRC} < 75$	Medio
4	$\text{IRC} < 40$	Nulo (monocromatico)

Fuente: (Roustaiyan, 2007)

3.9 Principios y leyes fundamentales de la luminotecnia

Comenzando con las definiciones de intensidad luminosa e iluminancia, reemplazamos la ecuación (4) en la (5), obteniendo la siguiente expresión:

$$(14) \quad E = \frac{I \cdot \omega}{S}$$

Se considera como radio la distancia (d), que será la distancia entre la fuente de luz y la superficie, definiendo la expresión del ángulo sólido de la siguiente manera:

$$(15) \quad \omega = \frac{S}{d^2}$$

de esta manera al sustituir la ecuación (15) en la (14) nos da:

$$(16) \quad E = \frac{I}{d^2}$$

Dónde:

- (E) es la iluminancia (lux)
- (I) es la intensidad luminosa
- (d) es la distancia del origen de la fuente a la superficie

La ecuación (16), es el concepto básico de *la ley fundamental de la iluminación*, que menciona: “*La iluminación de un área ubicada perpendicularmente a la normal de la radiación luminosa, es directamente proporcional a la intensidad luminosa con la misma dirección, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente luminosa y la superficie iluminada*”.

CAPITULO 4

ILUMINACIÓN PARA CAMPOS DE FÚTBOL

4.1 Generalidades

La calidad óptima del alumbrado y su iluminación influyen directamente con el rendimiento visual para el usuario. Su diseño para aplicación engloba una serie de cálculos tanto como para su luminosidad como para las medidas y distancias de las torres para iluminación del área deportiva.

4.2 Función del alumbrado

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas de futbol ya sean interiores o exteriores es otorgar un ambiente adecuado para la práctica y la apreciación de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Las exigencias del alumbrado variaran según el tipo de instalación de alumbrado y el nivel de competencia a realizar. Los deportistas deberán reconocer sin dificultad y con rapidez objetos, como balones y otros jugadores, y los espectadores tienen que tener la comodidad de observar los sucesos sin realizar mucho esfuerzo.

4.3 Requerimientos del alumbrado

Al diseñar la iluminación de un campo de futbol, se deben tener en cuenta los requisitos y el confort de usuarios como: deportistas o jugadores, jueces o árbitros, espectadores y medios de comunicación.

Una instalación de alumbrado puede satisfacer los requerimientos para los cuales está destinada, solo si cumple con todos los criterios de calidad. Se puede dar más importancia a uno u otro criterio, depende de la naturaleza y dificultad de la tarea visual, o del tipo de recinto.

4.4 Deslumbramiento de campo de fútbol

Cualquier brillo que produzca molestia y que provoque interferencia a la visión o fatiga visual de los jugadores, puede ser originado por lámparas o luminarias o por la reflexión de una luminancia elevada sobre superficie brillante.

El deslumbramiento se puede minimizar prestando cuidadosa atención en la elección de los proyectores o luminarias, y asegurándose que los mismos estén bien enfocados, teniendo en cuenta las principales direcciones de visión.

El deslumbramiento directo depende de:

- La luminancia de las fuentes
- La superficie aparente de estas fuentes
- La posición de las fuentes en el campo visual
- Los grados de reflexión de las superficies que limitan el recinto.

4.5 Uniformidad de luminancia

Es importante una buena uniformidad de iluminancia en los planos horizontales y verticales. Evita problemas de adaptación para los jugadores y espectadores de visión. Si la uniformidad no es buena, existe la posibilidad de que el balón o un jugador no se vea claramente en ciertas posiciones de campo (Monroy, 2006).

4.6 Criterios de iluminación

Los criterios de iluminación con mayor importancia son los siguientes: iluminación horizontal, iluminación vertical, uniformidad de iluminancia, deslumbramiento, evaluación de deslumbramiento, deslumbramiento externo, índice de deslumbramiento, modelado y sombras, apariencia y reproducción del color.

4.6.1 Iluminación horizontal

La iluminación horizontal a nivel del suelo principalmente sirve para establecer el estado de la adecuación de la visión. En otras palabras, son los valores a alcanzar durante el tiempo de operación de la instalación. Para obtener los valores iniciales requeridos, los valores que se mantienen, debe ser multiplicado por el inverso del factor de mantenimiento (fm).

4.6.2 Iluminancia vertical

Es de suma importancia que haya a través del cuerpo un contraste suficiente en el deportista para identificarlo. Esto resulta solo si se alcanza la luminosidad suficiente que refleje en los planos verticales, parámetro esencial para reconocer los objetos.

Sus características principales son la magnitud y la dirección. La altura que debe medir una iluminancia vertical es de 15m, pero este criterio de diseño es usado solo si se realizan filmaciones y retransmisiones, ya que si se llega a obtener los requisitos de iluminación horizontal para los jugadores y espectadores se cumple automáticamente los requisitos de iluminación vertical, pero no solo se debe asegurar el reconocimiento de los deportistas o la calidad de imagen de los objetos, sino que puedan seguir el recorrido del balón o jugadores.

4.6.3 Evaluación de deslumbramiento en escenario deportivo

La comisión internacional de iluminación (CIE), desarrollo una base para evaluar un valor idóneo de deslumbramiento en superficies exteriores. En base al fundamento del índice de deslumbramiento, mientras menor es el alcance menor es el deslumbramiento, el valor idóneo de deslumbramiento (GR), se da por:

$$(17) \quad GR = 27 + 24 \cdot \log \left[\left[\frac{L_{vl}}{L_{ve}} \right]^{0,9} \right]$$

Dónde:

- L_{vl} = luminancia de velo generadas por luminarias

$$(18) \quad L_{vl} = \frac{E_{ojo}}{\phi_i^2}$$

- E_{ojo} = iluminancia en la vista producida por la fuente de luz
- ϕ_i = Ángulo entre la dirección donde incide la luz de la fuente I, y la dirección
- L_{ve} = luminancia de velo generadas por el medio

$$(19) \quad L_{ve} = 0,035 \cdot E_{hav} \cdot \frac{p}{\pi}$$

p= reflectancia del área

Las fuentes de luz para L_{vl} son las luminarias, mientras que L_{ve} , el campo y los alrededores luminosos son considerados como una cantidad infinita de pequeñas fuentes de luz.

Para las posiciones más críticas de los observadores, es necesario calcular GR definidos en la figura 4.1, para un campo de fútbol.

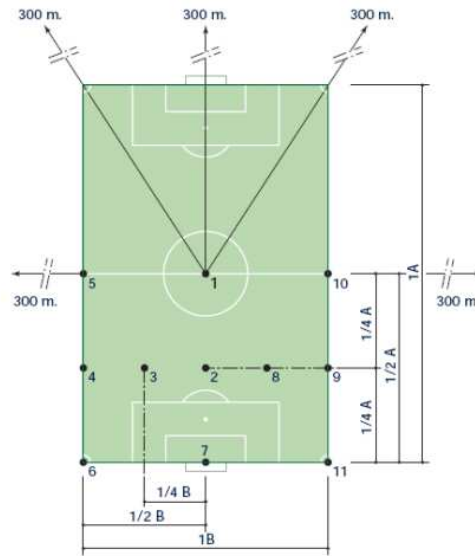


Figura 4.1 Medidas para el cálculo de índice de deslumbramiento
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.6.4 Deslumbramientos externos

En la antigüedad, el deslumbramiento era considerado solo para los deportistas o espectadores que se encontraban dentro del área iluminada; sin embargo, en las áreas al aire libre donde se practican deportes, también afecta los deslumbramientos externos de fuentes ajenas al campo, como, por ejemplo: la iluminación de las vías urbanas, la iluminación de estructuras o viviendas adyacentes al área deportiva, etc.

Actualmente la Comisión Internacional de iluminación CIE, investiga un parámetro directo para cuantificar las molestias por el deslumbramiento externo, relacionando las cualidades ópticas de los proyectores que se usen con respecto a las limitaciones de luz dispersa, que se encuentren fuera del haz de la fuente, siempre y cuando se encuentren montados y enfocados de forma correcta

4.6.5 Recomendaciones para los criterios lumínicos.

El índice de deslumbramiento (GR), debe coincidir con los valores establecidos en la publicación del C.I.E. N°83. El valor del índice de deslumbramiento depende de la reflectancia del área iluminado donde se realiza la actividad deportiva. Para canchas de césped natural, se estima una reflectancia difusa de entre 0,15 a 0,25. Para canchas

de césped sintético la reflectancia aumenta un valor estimado de 0.1 con respecto al valor de reflectancia de césped natural, ya que el césped sintético contiene aditivos que le ayudan a tener características similares al césped natural. La tabla con los valores del poder reflectante para los colores y materiales se encuentra en el **Anexo 8**

El valor GR a determinar con respecto a las posiciones principales del observador patrón viendo todos los puntos estratégicos de la malla debe ser medido a una altura de 1,5m por encima de la superficie iluminada donde se desarrolla la actividad deportiva, en el caso de instalaciones deportivas al aire libre se considera el velo de la luz externa.

4.6.6 Moldeados y sombras

El moldeado es el efecto de revelar formas o figuras con sombra al iluminar, factor indispensable para la visión general de jugadores, árbitros, balones, y objetos que intervengan directamente con la actividad deportiva. La efectividad del moldeado depende de las direcciones donde está dirigida la fuente de iluminación y los tipos de fuente a utilizar; este puede ser “duro”, donde el moldeado de la sombra revela gran parte de la imagen del objeto, o moldeado “chato”, que es el resultado de usar proyectores con un haz simple o estrecho, como por ejemplo un techo luminoso.

4.6.7 Apariencia y reproducción del color

En la mayoría de los deportes la percepción del color es muy importante, pero se acepta una leve distorsión, sin afectar los colores, debido a las fuentes de luz.

Los aspectos más importantes de la luz son:

- Apariencia del color de luz: es la imagen de color de todo el espacio iluminado producido por la fuente de luz.
- Reproducción del color de luz: es la capacidad de reproducir los colores de los cuerpos producido por la fuente de luz.

Tanto la apariencia como la reproducción del color que emite la luz, dependen de cómo se distribuya la energía espectral que emite la luz.

Es posible fundamentar la apariencia de color de la siguiente manera:

- A menor temperatura que emita el color, la apariencia de color de luz es más cálida.
- A mayor temperatura emitida por el color, la apariencia del color a la luz es más fría o azulada.

Para saber las propiedades de reproducción de color de una fuente de luminosidad, se puede encontrar mediante el IRC o Índice de reproducción de color, y mientras mayor sea su Índice de reproducción de color, más cómodo y agradable resulta a la vista.

4.7 Fuentes de luz

En la historia las fuentes luminosas estaban basadas en algún tipo de combustión como, la vela, las antorchas, etc. En la actualidad existen diversas fuentes de luz que se acoplan a las necesidades de diseño como preferencia del usuario.

Toda fuente de luz artificial implica la transformación de alguna energía en radiación electromagnética, basado en la excitación de átomos y la emisión próxima de fotones.

Existen dos procesos para las diferentes formas de producción de radiación luminosa artificial que son: la incandescencia y la luminiscencia.

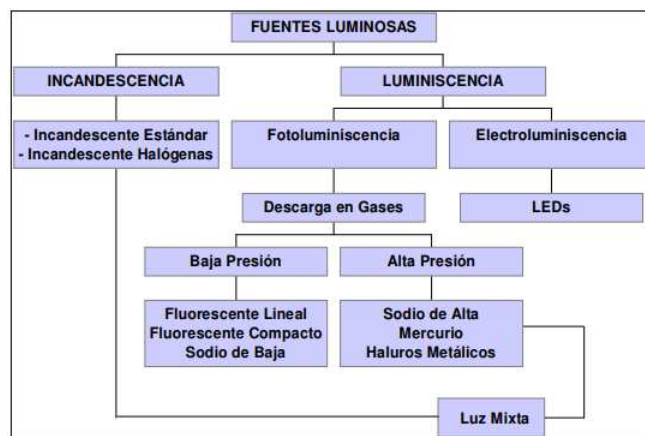


Figura 4.2 Clasificación general de las fuentes de luz
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.7.1 Lámparas incandescentes

La principal característica de las lámparas incandescente es un alambre de diámetro muy bajo en forma de resorte denominado filamento. Cuando hay paso de energía por el filamento, este se torna de un color blanco emitiendo luz visible al ojo humano.

La mayoría de los filamentos son compuestos de tungsteno, gracias a su alto punto de fusión, pero gran porción de la energía eléctrica se pierde, por lo tanto, tiene una baja eficiencia luminosa.

4.7.2 Lámparas incandescentes halógenas

Estas lámparas tienen el mismo principio de la lámpara incandescentes, pero con la diferencia que en la capsula o bombillo contiene un elemento halógeno combinando al gas, que actúa como componente regenerativo. Este bombillo es capaz de alcanzar temperaturas elevadas, con un casquillo “enroscable” o “bi-pin”.

Sus ventajas más destacables en base a las lámparas incandescentes son: mayor eficiencia, mayor durabilidad y con tamaños más compactos

4.7.3 Lámparas fluorescentes

También llamadas lámparas de descarga de mercurio a baja presión, son aquellas lámparas en donde la corriente eléctrica, circula a través de un vapor de mercurio a baja presión como su nombre lo indica.

Al momento que la lámpara se encuentra en funciona miento, los electrones se dispersan golpeado los átomos de mercurio, provocando que el gas comience a emitir rayos ultravioletas (UV), cuando los rayos ultravioletas hacen contacto con una capa de fosforo, se tiene como resultado luz visible. Estas lámparas necesitan de un elemento auxiliar para encender llamado balastro.

Sus ventajas destacables son: bajo consumo de energía gracias a la poca energía perdida en forma de calor, tiempo de vida útil alta

4.7.4 Lámparas fluorescentes compactas (CFL)

Estas lámparas se caracterizan por tener las dimensiones de las lámparas incandescentes, sus ventajas más destacables son: una buena reproducción del color, un tiempo de vida útil aceptable, su consumo eléctrico es un 80% menos que las lámparas incandescentes para llegar mismo nivel de iluminación.

Su desventaja es que tiene una potencia limitada debido a que el volumen del tubo de descarga es pequeño

4.7.5 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HID)

Estas lámparas tienen la característica de ser consideradas como lámparas de alta intensidad. En el tubo de descargar se encuentra una pequeña cantidad de mercurio, rellena con gas Argón, responsables de producir radiación ultravioleta, estos compuestos al hacer contacto con un polvo fluorescente que se encuentra en la superficie interna de tubo, produce una radiación visible de color blanco azulado

la ventaja que tienen estas lámparas es el tiempo de vida útil promedio de 24000 horas, aunque tiene un rendimiento luminoso bajo en comparación con las fluorescentes.

Para su funcionamiento es indispensable el uso de un balasto y un capacitor para mejorar el factor potencia.

4.7.6 Lámpara de haluros metálicos (Metal Halide)

Las lámparas de haluros metálicos son aquellas que contiene un tubo de descarga lleno de mercurio a alta presión y que está compuesta por una combinación de varios haluros metálicos como yoduro de sodio, escandio, entre otros. Estas propiedades del tubo de descarga permiten un mejor rendimiento luminoso, así como mejora las propiedades de la reproducción cromática de los colores en comparación con las lámparas de mercurio a alta presión.

Sus ventajas más destacadas son: mantiene un valor adecuado de luminosidad, su eficiencia es 2 veces mayor que las lámparas de vapor de mercurio y 6 veces mayor que las lámparas incandescentes. La mayor desventaja es su tiempo de vida útil, es más corto que las lámparas de vapor de mercurio.

4.7.7 Lámparas de vapor de sodio de baja presión

La radiación de este tipo de lámpara es monocromática. La luz es de color amarilla, lo que indica que tiene una mala reproducción cromática. En la lista de las lámparas, es la menos valorada, a pesar de esto, tiene una eficiencia luminosa muy

elevada y un largo tiempo de vida útil. Son comúnmente usadas en alumbrados públicos donde la reproducción del color es de baja importancia.

4.7.8 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

La presión del sodio en el tubo de descarga es la característica principal de esta lámpara, además el tubo de descarga hay presencia de mercurio y xenón, que da como resultado una mejora considerable en la temperatura y la reproducción del color con respecto a las lámparas de sodio de baja presión.

4.7.9 Lámparas de luz mixta

Es la combinación de las lámparas de mercurio y las lámparas incandescentes, con la diferencia que no requiere de un balasto sino de un filamento como las lámparas incandescentes, este filamento se conecta en serie con un tubo de descarga el cual produce una luz combinada del tubo de descarga de mercurio y el filamento.

4.7.10 Características más relevantes de las lámparas

Tabla 4.1 Características de las lámparas

Lámpara	Potencia (W)	Temp. de color (°K)	Rendimiento (Lm/W)	Índice de rend. de color (IRC)	Vida útil (h)	Tiempo de encendido (min)
Incandescente estándar	15 - 300	2650 - 2800	2,8 - 17,6	100	200 - 8000	0
Incandescente halógena	20 - 1500	2600 - 3050	3,2 - 22,2	100	800 - 6000	0
Fluorescente lineal	14 - 215	3500 - 6500	54,3 - 103,6	60 - 86	9000 - 24000	0
Fluorescente compacta	9 - 042	2700 - 6500	52,0 - 76,2	80 - 84	3000 - 12000	0 - 1
Mercurio alta presión	80 - 400	3900	33,6 - 43,8	40 - 50	12000 - 24000	<7
Haluros metálicos	100 - 2000	3700 - 5000	50,3V - 102V 42,3H - 88,7H	65 - 75	3000V - 20000V 3000H - 15000H	<4
Sodio alta presión	35 - 1000	1900 - 2000	57,9 - 126	22	16000 - 28500	<6
Sodio baja presión	18 - 135	1800	87,2 - 141,8	0	16000 - 18000	<6
Luz Mixta	160 - 500	3940 - 5100	16,9 - 22,5	50	8000	<2

Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.8 Luminarias

4.8.1 Generalidades

La *Comisión Internacional De Iluminación (CIE)*, define a las luminarias como, “*Aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarla, protegerla y conectarlas al circuito de alimentación*”

Para una buena funcionalidad de las luminarias, estas deben cumplir con ciertos requisitos que son:

- Proteger la fuente de luz.
- Distribuir de una manera adecuada la luz en el espacio.
- Aprovechar todo el flujo luminoso posible que emiten las fuentes de luz.
- Cumplir con una estética adecuada para la aplicación de la luminaria.
- Evitar molestias de deslumbramiento, que lleguen a afectar a los protagonistas.

4.8.2 Grados de protección contra polvo y humedad

Para seleccionar unas luminarias adecuadas para la aplicación, uno de los factores que más se toma en cuenta es el grado de protección.

La *Comisión Internacional De Electrotécnica (IEC)* en el siglo 19, estandarizo las luminarias con un sistema de clasificación IP (International Protection), de acuerdo a su grado de protección contra polvo, humedad y cuerpos extraños. Esta metodología consiste en identificar la protección del equipo con dos dígitos, el primer dígito señala el grado de protección contra polvo o cuerpos solidos extraños a la luminaria, y el segundo dígito señala el grado de protección contra el ingreso de humedad.

Tabla 4.2I Clasificación de luminarias de acuerdo al grado de protección contra polvo

Primer numero caracteristico	Breve descripcion
0	No protegida
1	Protegida contra objetos solidos mayores de 50 mm
2	Protegida contra objetos solidos mayores de 12,5 mm
3	Protegida contra objetos solidos mayores de 2,5 mm
4	Protegida contra objetos solidos mayores de 1 mm
5	Protegida contra polvo
6	Hermetica al polvo

Fuente: (IEC, 1989)

Tabla 4.3 Clasificación de las luminarias de acuerdo al grado de protección contra la humedad

Primer numero caracteristico	Breve descripcion
0	No protegida
1	Protegida contra gotas de agua e caida vertical
2	Protegida contra caida de agua verticales con una inclinacion maxima de 15° de la envolvente
3	Protegida contra el agua en forma de lluvia fina formando 60° con la vertical como maximo.
4	Protegida contra proyecciones de agua en todas las direcciones
5	Protegida contra chorros de agua en todas las direcciones
6	Protegida contra fuertes chorros de agua en todas las direcciones
7	Protegido contra efectos de inmersion temporal en agua
8	Protgido contra la inmersion continua en agua

Fuente: (IEC, 1989)

4.8.3 Luminarias para iluminación exterior por proyección

Estas luminarias tipo proyector normalmente son más usadas en instalaciones deportivas, áreas de trabajo extenso, carteles de publicidad, etc.

La función de estos proyectores es concentrar la luminosidad en un ángulo solido de la fuente de luz con respecto a las dimensiones del proyector, con el fin de conseguir una mayor intensidad luminosa.

Los proyectores se pueden clasificar según su grado de apertura del haz de luz; la apertura de luz es el ángulo formado por la intensidad luminosa cuando este alcanza un porcentaje determinado, por lo general suele ser un máximo de 10%.

La *Illuminating Engineering Society of North América* (IESNA), clasifico a los proyectores según su apertura de luz y su distancia de proyección en la tabla del **ANEXO 10**

4.8.4 Tipos de luminarias por proyección según su apertura de haz de luz y su geometría

Estos se clasifican de acuerdo a la distribución de luz en:

4.8.4.1 Proyectores circulares con haz simétrico de forma cónica.

Estos proyectores pueden tener un haz ancho o estrecho.

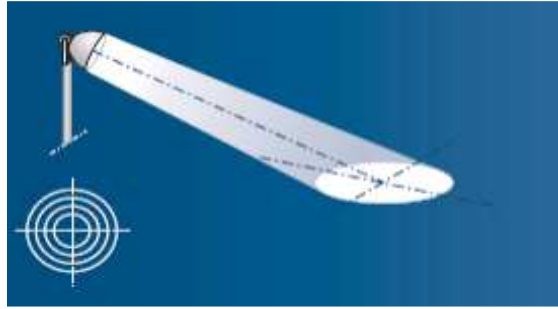


Figura 4.3 Proyección de la imagen con haz simétrica cónica
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.8.4.2 Proyectores circulares con haz asimétrico leve en el plano vertical

Estos proyectores pueden poseer un haz estrecho, medio, ancho o muy ancho.

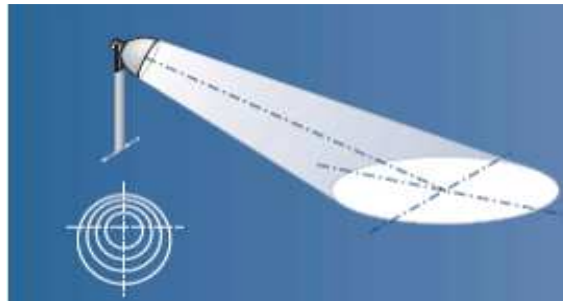


Figura 4.4 Proyección de la imagen con haz asimétrico vertical
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

Estos proyectores requieren una fuente de luz un poco más concentrada, como la de un tubo de descarga corto, que son de alta intensidad. Si estos proyectores no se enfocan verticalmente hacia abajo, su haz cónico emitirá el moldeado de una luz elíptica sobre el área iluminado.

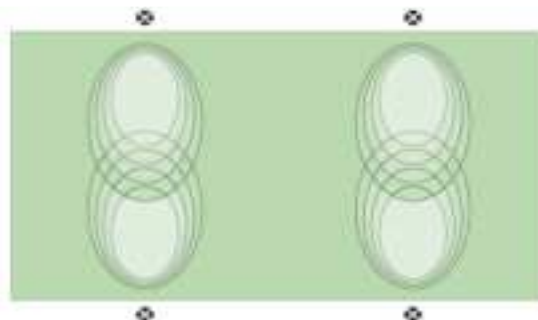


Figura 4.5 Proyección lateral
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

Si usamos los proyectores circulares en las esquinas, serán mucho más eficientes que colocados en los lados laterales del campo ya que su distribución en el área a iluminar es mejor.

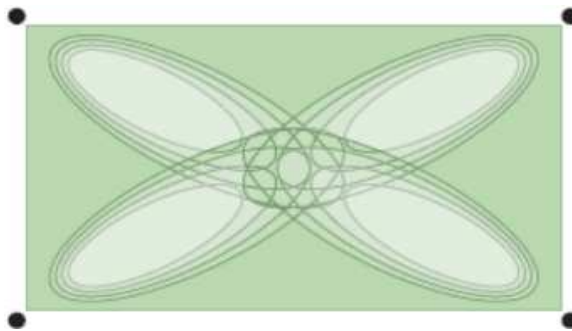


Figura 4.6 Proyección diagonal
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.8.4.3 Proyectores rectangulares con luz simétrica en los planos vertical y horizontal.

Estos proyectores tienen un haz ancho en el plano horizontal, mientras que en el plano vertical puede tener un haz estrecho o ancho.

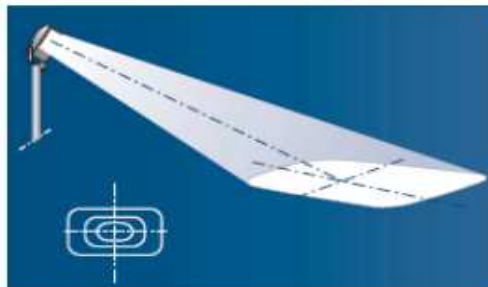


Figura 4.7 Proyección de la imagen con doble simetría
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.8.4.4 Proyectores rectangulares con luz asimétrica y luz simétrica en el plano vertical y horizontal respectivamente.

Estos proyectores tienen un haz horizontal ancho.

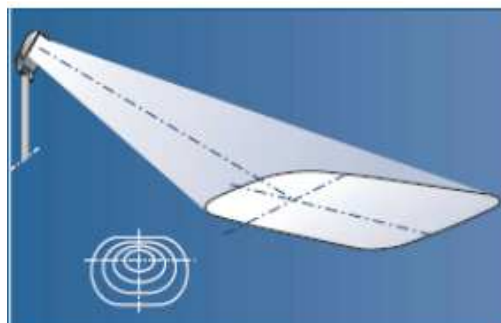


Figura 4.8 Proyección de la imagen con doble simetría
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

Estos proyectores son usados con fuentes lineales como lámparas de descarga tubulares o halógenas. El haz formado por estos proyectores tiene un moldeado trapezoidal al momento de iluminar el área deportiva.

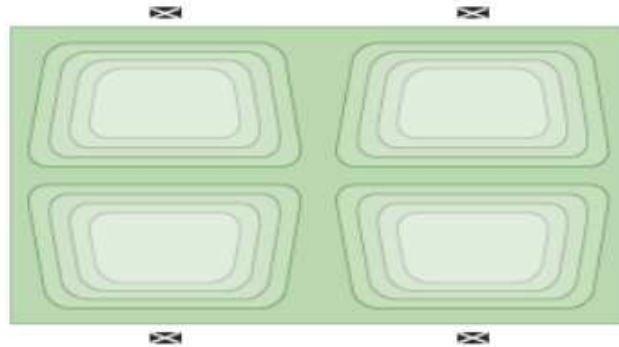


Figura 4.9 Reflexión de proyectores en posición lateral
Autor: (Roustaiyan, 2007)

Cuando estos proyectores son más recomendables usarlos, 2 por cada lateral, ya que, si los colocamos en las esquinas como los proyectores circulares, tendrá como resultados muchos espacios del área donde se realizan las actividades deportivas sin iluminar.

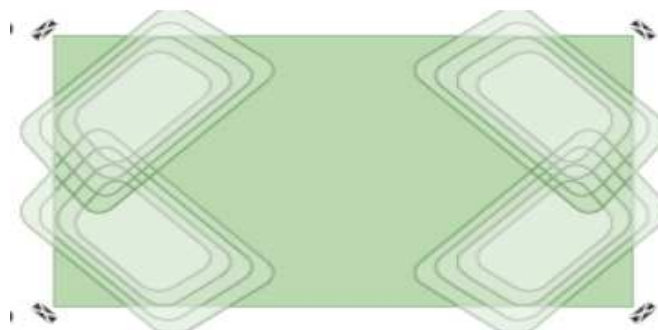


Figura 4.10 Reflexión de proyectores en posición diagonal
Autor: (Roustaiyan, 2007)

4.8.5 Clasificación de las luminarias de exterior según los factores de eficiencia

Otro de los criterios de selección para las luminarias de proyección es el de la eficiencia luminosa, esta eficiencia debe cumplir con ciertos requisitos como son: el rendimiento luminoso, coeficiente de utilización del haz y su factor de mantenimiento.

4.8.5.1 Rendimiento luminoso para luminarias

Es el rendimiento que tiene la luminaria con respecto a la iluminación del área, en otras palabras, es la relación de flujo luminoso que refleja la luminaria y el flujo

luminoso de la fuente o las fuentes, este último es un dato dado por el fabricante las fuentes.

4.8.5.2 Coeficiente de utilización de haz para luminarias de exterior

Se define como la relación entre los lúmenes que incide en el área iluminada y los lúmenes del haz producidos por el proyector (valor suministrado por el fabricante). No tiene unidad de medida ya que es un valor adimensional unitario.

$$(20) \quad CBU = \frac{\text{Lumenes utilizados}}{\text{lumenes del haz}}$$

4.8.5.3 Factor mantenimiento de luminarias de exterior

Se puede definir al factor mantenimiento como la razón de la iluminancia de un área en un tiempo determinado y la iluminancia de una instalación nueva. Este factor mantenimiento depende de varios factores producidos por la suciedad de las lámparas y las luminarias, que contribuyen a una disminución parcial de la luz, estos factores son: *la depreciación del flujo de la lámpara y la depreciación de la luminaria.*

4.8.5.3.1 Depreciación del flujo de la lámpara (FDF)

Esta depreciación es una relación de factores que pueden llegar a influir en su índice, estos factores son:

- Posición de funcionamiento de la lámpara
- Temperatura del ambiente
- Voltaje suministrado
- El tipo de equipo auxiliar utilizado

En caso de no tener los datos o valores precisos de dichos factores, se puede obtener un valor cercano sobrevaluado, con la división entre los lúmenes medios y los lúmenes iniciales.

$$(21) \quad FDF = \frac{\text{lumenes medios}}{\text{lumenes iniciales}}$$

4.8.5.3.2 Depreciación de la luminaria (FDS)

Esta depreciación esta relaciona con la suciedad de las superficies externas e internas de la luminaria en el tiempo de uso. Esta depreciación puede reducirse seleccionando las luminarias indicadas, si se usa un local abierto para las luminarias acumulara más suciedad, por lo tanto, es recomendable usar luminarias cerradas. La siguiente tabla muestra los valores de depreciación de las luminarias dependiente del ambiente.

Tabla 4.4 Factor de depreciación por suciedad en las luminarias

Tipo de luminaria	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Abierta no ventilada	0,9	0,8	0,71	0,64	0,56
Abierta ventilada	0,95	0,89	0,83	0,78	0,72
Cerrada	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78
Vidrio refractor o cerrada y filtrada	0,98	0,95	0,95	0,89	0,86

Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.9 Criterios para selección de los equipos (lámpara/luminaria)

4.9.1 Altura para montaje de luminarias

Para poder determinar la ubicación y la altura de las torres o luminarias, se debe considerar primordialmente, el efecto de deslumbramiento.

Para controlar el deslumbramiento se considera, que la altura mínima considerable para estas torres se determina cuando la dirección de la vista del observador situado en el centro del campo o área de juego, forme un ángulo de 20° con la horizontal y 75° cuando el observador se sitúe en el perfil del campo.

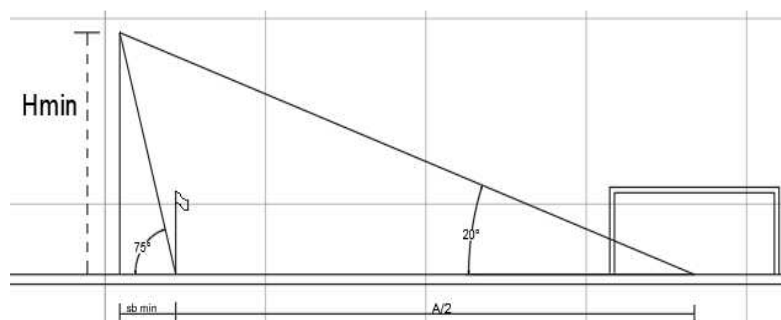


Figura 4.11 Ejemplo para calcular altura y distancias, para torres de iluminación lateral

Fuente: Autor

De la figura 4.11 las variables son:

- H_{min} indica la altura mínima de la torre.
- A el ancho del área de juego
- Sb_{min} de las iniciales setback, indica la mínima distancia entre el perfil del campo y la torre.

Del sistema de ecuaciones hallamos que:

$$(22) \quad \begin{cases} Tag(20^\circ) = \frac{H_{min}}{\frac{A}{2} + Sb_{min}} \\ Tag(75^\circ) = \frac{H_{min}}{Sb_{min}} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} H \geq Tag(20^\circ) \cdot \left(\frac{A}{2} + Sb_{min}\right) \\ Sb \geq \frac{\frac{A}{2} \cdot Tag(20^\circ)}{Tag(75^\circ) - Tag(20^\circ)} \end{cases}$$

4.9.2 Potencia adecuada de las luminarias

La potencia de las luminarias es un factor importante y se determina a partir del cálculo de la altura de montaje. En el caso de que n el diseño exista el uso de luminarias con diferentes potencias, se tomara como referencia las luminarias con mejor rendimiento luminoso (lm/W) y un mayor tiempo de vida útil.

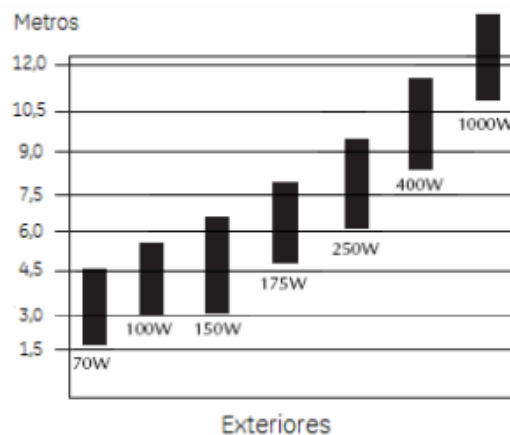


Figura 4.12 Potencia recomendada en base a la altura de montaje
Fuente: (Roustaiyan, 2007)

4.9.3 Fotometría adecuada para exteriores

Para esta selección de equipo, se debe tomar en cuenta la apertura del haz (NEMA) del proyector, que depende de la distancia de proyección (dp). La “dp” se determina apegada al criterio de evitar el efecto de deslumbramiento en los jugadores. El ángulo de proyección con la vertical tiene que ser menor a 70°, por lo que se puede tomar como referencia un ángulo de 65°

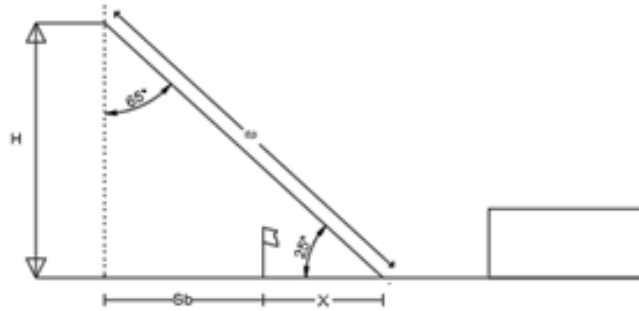


Figura 4.13 Representación de la distancia de proyección
Fuente: Autor

En base a la figura, hallamos la distancia de proyección

$$(23) \quad X = \frac{H}{\tan(25^\circ)} - Sb$$

$$(24) \quad dp = \sqrt{(sb + X)^2 + H^2}$$

Una vez encontrado el resultado de la distancia de proyección, se determina el haz de proyección o NEMA en la tabla del **ANEXO 10**.

4.10 Método para el cálculo de lumen

Existen dos métodos para realizar el cálculo en un proyecto de iluminación.

El primero es el método punto por punto, este método realiza cálculos más exactos, pero con un proceso más laborioso, ya que se toma en cuenta el aporte que contribuye cada luminaria de forma individual. gracias a que el cálculo es más minucioso, para que sea posible realizar este método de forma manual, es necesario que el número de puntos o luminarias no sea tan grande, por contrario si estos datos fueran mayores es necesario el uso de un software capaz de realizar los cálculos de iluminación para un número de puntos o luminarias.

El segundo es el *método de lúmenes*, es un método más sencillo para determinar la iluminancia media de un área iluminado, basado en el concepto de *iluminancia* y la *ley fundamental de la iluminancia*, se obtiene la siguiente expresión:

$$(25) \quad E = \frac{\phi_T}{\text{Área}} = \frac{\phi_T}{(a.l)}$$

Dónde:

- (E) es el nivel de iluminación (lux)
- (ϕ_T) es el total de lúmenes que se inciden en el área
- (a) es el ancho del área
- (l) es la longitud del área

La ecuación (24) se verá afectada por los factores de la eficiencia luminosa como son: *factor de utilización* (f_u), y el *factor mantenimiento* (f_m). Como resultado se obtiene la siguiente ecuación general:

$$(26) \quad E = \frac{\phi_T \cdot f_u \cdot f_m}{\text{Área}} \text{ (lux)}$$

4.10.1 Método para el cálculo de lúmenes para iluminación de exterior

Este método tiene la finalidad de calcular y determinar paso a paso el número adecuado de proyectores necesarios para la iluminación ideal de área a iluminar.

4.10.1.1 Paso 1.- Determinación del coeficiente de utilización del haz (CBU)

El *coeficiente de utilización del haz* (CBU), depende de distintas variables que se han hecho mención antes, tales como: sistema de alumbrado escogido, las alturas de las torres, los setback, las características fotométricas de los proyectores escogidos, las propiedades lumínicas de las lámparas y las dimensiones de las áreas de interés. A continuación, se va a describir el procedimiento y el orden para la determinación del coeficiente.

- a. Ya que el factor depende del sistema de alumbrado y las áreas de interés, se deben colocar los postes a una distancia (sb) del borde del área hasta la torre con su altura respectiva (H). La figura X ilustra un ejemplo de lo antes

mencionado, con los puntos $ABCD$ como referencia del área a iluminar, la altura de la torre estará representada por FO y el setback (sb) está representado por OL .

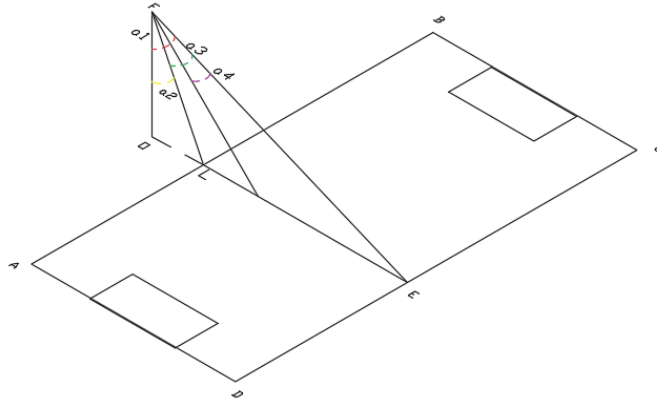


Figura 4.14 Ubicación de la torre con los puntos de referencia para el cálculo
Fuente: Autor

- b. Para empezar, podemos simplificar los cálculos, asumiendo que la luminaria colocada en la torre solo producirá luz por su eje vertical. Por ello hay q encontrar el ángulo respectivo que determine la cantidad de “lúmenes útiles”, tomando como referencia la figura 4.7.4.1, el ángulo a encontrar sería “ α_3 ”, como resultado tenemos:

$$(27) \quad \alpha_1 = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{EO}{FO} \right) \rightarrow \text{Tan}^{-1} \frac{Sb+LE}{H}$$

$$(28) \quad \alpha_2 = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{LO}{FO} \right) \rightarrow \text{Tan}^{-1} \left(\frac{Sb}{H} \right)$$

Encontrando α_1 y α_2 podemos hallar α_3 de la siguiente manera:

$$(29) \quad \alpha_3 = \alpha_1 - \alpha_2$$

- c. Ya encontrada la variable α_3 , asumimos que el haz central del proyector apuntara a un punto (P) del área, de forma que el ángulo de derrame (α_3) se divida en dos. Esta división generará un ángulo (α_4), que servirá para determinar el total de lúmenes derramados por encima ($+\alpha_4$) y debajo ($-\alpha_4$) del haz central del proyector.

$$(30) \quad \alpha_4 = \frac{\alpha_3}{2} = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$$

- d. En base a la distribución lumínica del proyecto suministrada por el fabricante, se realiza una tabla que especifique la acumulación de los lúmenes por encima y los lúmenes por debajo del centro del haz, tomando este último como punto P (0°).
- e. Elaboramos una gráfica que relacione los lúmenes acumulativos y los lúmenes totales de la lámpara en función de los ángulos calculados, esta relación determinaría el *coeficiente de utilización*, pero ya que anteriormente asumimos que la luminaria colocada en la torre producirá solo por su eje vertical, la relación determinara un *coeficiente de utilización preliminar (CBU*)*.
- f. Tomando como referencia la gráfica de la relación anterior, podemos determinar *coeficiente de utilización por encima (CBU⁺)* y por debajo (*CBU⁻*). Por consiguiente, *coeficiente de utilización preliminar* es igual a la suma de su coeficiente de utilización por encima y por debajo.

$$(31) \quad CBU^* = CBU^+ + CBU^-$$

- g. Para determinar el valor del *coeficiente de utilización del haz*, debemos multiplicar el valor del coeficiente de utilización preliminar por un factor, esto se debe a que, para simplificar cálculos se asumió que la luminaria derrama luz solo en el eje vertical, lo cual es totalmente falso. Este factor se llama “factor de ajustamiento” (AAF, Application Adjustment Factor). El valor del factor de ajustamiento depende del NEMA seleccionado y el resultado de la relación del ancho del área visto desde el proyector y el borde del área. La relación antes mencionada es el resultado de un factor llamado *factor de campo (FF, Field Factor)*.

$$(32) \quad FF = \frac{W}{\sqrt{H^2 + Sb^2}}$$

Dónde:

- (FF) es el factor de campo
- W es el ancho del área visto desde el proyector (m)
- (H) es la altura de la luminaria (m)

- (Sb) es el setback (m)

Es importante mencionar que el ancho del área visto desde el proyector en la figura 4.14, es la distancia de AB.

En base a la siguiente tabla podemos determinar el AAF o factor de ajustamiento.

Tabla 4.5 Datos para determinar el factor ajustamiento

Factor del campo (FF)	Apertura horizontal del haz (NEMA)		
	Estrecho (1&2)	Medio (3&4)	Estrecho (5, 6 & 7)
≥ 4,5	0,95	0,85	0,8
3,0 a 4,4	0,9	0,8	0,75
2,0 a 2,9	0,85	0,75	0,7
≤ 1,9	0,75	0,65	0,55

Fuente: (Roustaiyan, 2007)

Una vez obtenido los valores del *coeficiente de utilización preliminar* y el *factor de ajustamiento*, se procede a realizar el producto de estos valores, para así encontrar el *coeficiente de utilización del haz* del proyector.

$$(33) \quad CBU = CBU^* \cdot AAF$$

4.10.1.2 Segundo paso. - Determinación del factor mantenimiento

Regularmente el factor mantenimiento lo suministra el fabricante de las luminarias, pero para calcular se toma en cuenta las consideraciones mencionada con anterioridad para el factor mantenimiento las cuales son: depreciación del flujo de lámpara (FDF) y depreciación de la luminaria (FDS). Por lo tanto, el factor se calcula de la siguiente manera.

$$(34) \quad f_m = (FDF \cdot FDS)$$

4.10.1.3 Tercer paso. – Determinación del número de proyectores (Np).

El flujo luminoso total proviene del número de proyectores que se usa y del número de lámparas que tiene cada luminaria. Es por esto que se deduce la siguiente formula:

$$(35) \quad \phi_T = N_p \cdot \phi_L \cdot n \text{ (lm)}$$

Dónde:

- ϕ_T = Total de lúmenes incidentes sobre una superficie
- N = Numero de luminarias
- ϕ_L = Lúmenes por lámpara
- n = Numero de lámparas por luminaria

Ahora se toma como referencia la ecuación general (25) del método de los lúmenes, podemos determinar la cantidad de proyectores necesario para iluminar la superficie. Reemplazando los valores antes determinados, junto con los datos de entrada del área, tenemos como resultado la ecuación general del *método del lumen del haz*:

$$(36) \quad N_p = \frac{E_{med} \cdot Area}{\phi_{haz} \cdot CBU \cdot f_m}$$

Dónde:

- (N_p) es el número de proyectores
- (E_{med}) es el nivel de iluminación media (lux)
- (Área) es la superficie a iluminar (m²)
- (ϕ_{haz}) es el flujo lumínico del haz (lm)
- (CBU) es el coeficiente de utilización del haz
- (f_m) es el factor mantenimiento

CAPÍTULO 5

NORMAS DE ILUMINACIÓN PARA CAMPOS DE FUTBOL

5.1 Generalidades

Las instalaciones de alumbrado para campos de futbol, está determinado por varios factores, tanto por el nivel de juego practico, como los requerimientos necesarios para una correcta retransmisión televisiva y para la comodidad visual de los espectadores.

En primer lugar, podemos encontrar campos de futbol con alumbrados exclusivos para entrenamientos o juegos locales sin espectadores, en el cual las exigencias son la posibilidad de realizar un juego en la que cada jugador distinga claramente el balón y al resto de jugadores.

En segundo lugar, para campos que realizan eventos nocturnos con espectadores no basta que se consiga una buena iluminación del terreno; es necesario también que los aparatos de iluminación den paso a seguir el juego a los espectadores sin que exista problemas de deslumbramiento, ángulos muertos, o cualquier tipo de problema, incluyendo las localidades desfavorables.

En tercer lugar, con respecto a los niveles de iluminación están los que permiten filmaciones o retransmisiones televisivas. Aquí debemos diferenciar entre filmaciones o retransmisiones en blanco y negro o a color ya que cada una requiere de exigencias técnicas más estudiadas y muy delimitadas (Castells, 2013).

5.2 Consideraciones técnicas

5.2.1 Categorías de competiciones de futbol

Tomando como referencia los requisitos postulados por la FIFA, se clasifica en cinco clases de sistemas de iluminación.

Tabla 5.1 Categoría de competencias

Clase V	Partido internacional televisado.	Campo ausente de sombra.
Clase IV	Partido nacional televisado.	Campo sin sombras.
Clase III	Partido nacional no televisado	Campo iluminado con un mínimo de 8 postes
Clase II	Partido de liga o clubes no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 6 postes.
Clase I	Entrenamiento y juegos particulares no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 4 postes

Fuente: (FIFA, 2011)

5.2.2 Planificación de las torres de luminarias para eventos no televisados.

El diseño de iluminación para eventos no televisados tendrá las siguientes directrices estándar:

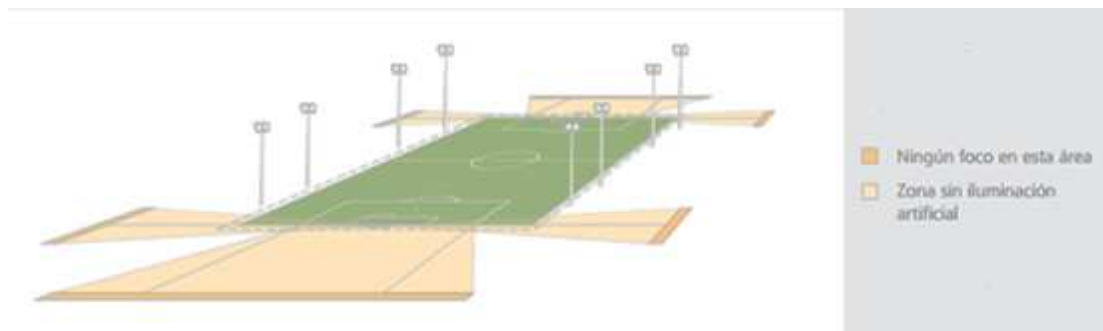


Figura 5.1 Clase III, partidos nacionales
Fuente: (FIFA, 2011)

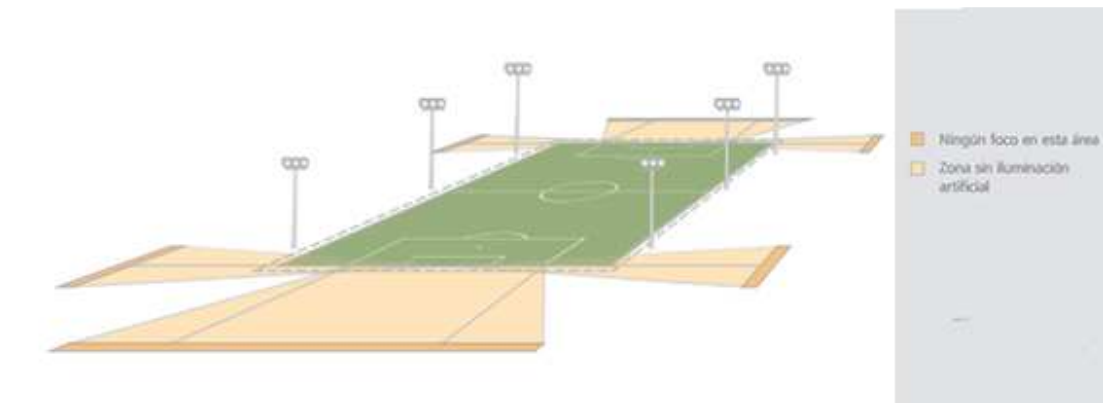


Figura 5.2 Clase II, partidos de liga o clubes
Fuente: (FIFA, 2011)

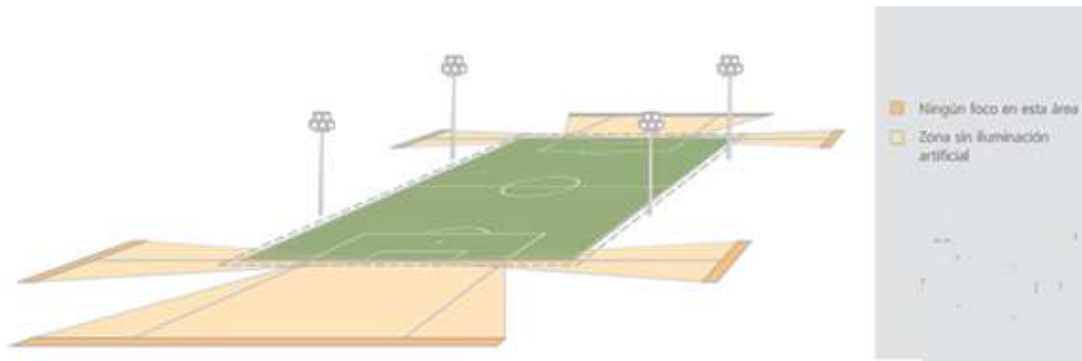


Figura 5.3 Clase I, partidos de entrenamientos y juegos particulares
Fuente: (FIFA, 2011)

5.2.3 Niveles de iluminancia para campos de fútbol.

Para campos de fútbol con iluminación para entrenamientos, se considera como iluminancia media suficiente alrededor de 100 lux. En este caso debido a la pequeña cantidad de proyectores, la uniformidad de iluminación queda afectada, siendo recomendable un valor mayor o igual a 1/3, ya que, para mejorar la uniformidad con iluminación reducida, es necesario recurrir a una mayor cantidad de proyectores o lámparas de menor potencia, una costosa instalación no justificada con respecto a los fines a conseguir.

Para campos de fútbol destinados a eventos deportivos nocturnos sin pretensión de filmación y retransmisión a color, se estima como nivel suficiente de iluminancia un valor entre 250 y 600 lux, consiguiendo valores de uniformidad entre 1/3 y 1/1.5.

Debido a la complejidad de tener una óptima visión en las filmaciones, es necesario la intervención de temas complementarios de suma importancia para la obtención de buenos resultados en las retransmisiones; así podemos mencionar temas como temperaturas de color, iluminancias horizontales en dirección a un punto, gradientes, uniformidades lumínicas, iluminancias en direcciones opuestas a las cámaras, deslumbramientos, etc.

Y debido a que el campo de fútbol de la Universidad Católica no cuenta con una estructura cómoda para la ubicación de cámaras para retransmisiones y filmaciones, no profundizaremos en esta variación del tema principal.

5.2.4 Uniformidad y variación.

Debido a que el futbol es un deporte de gran rapidez, se requiere una iluminación uniforme en todo el campo, esto aportara al rendimiento de los jugadores y árbitros. La siguiente tabla muestra los métodos a calcular la uniformidad.

Tabla 5.2 Métodos referenciales para el cálculo de uniformidad

	Eventos televisados	Eventos no televisados
Coefficiente de variación (CV)	$CV \leq 0.13-0.15$	$CV \leq 0.3-0.4$
Gradiente de uniformidad (UG)	$UG = 1.5-2$	$UG = 2-2.5$

Fuente: (FIFA, 2011)

5.2.5 Temperatura de color.

La temperatura de color suficiente para campos de futbol al aire libre para cualquier tipo de competición es de $T \geq 4,000^\circ \text{ K}$.

5.2.6 Índice de reproducción del color

La escala normalizada para la reproducción del color es de Ra20 a Ra100; mientras mayor sea este índice mejor es la reproducción del color. Una iluminación artificial debe tener un índice de $Ra \geq 65$, para eventos televisados como no televisados

5.2.7 Lámparas para escenarios de futbol

Para poder seleccionar las lámparas adecuadas para la iluminación del campo de futbol, es necesario tener en cuenta dos características principales: en primer lugar, el rendimiento luminoso de las lámparas, y en segundo lugar la composición espectral de luz que emite la lámpara.

Para escenarios donde se vayan a realizar entrenamientos y competiciones sin filmaciones, es más preferente tomar en cuenta el rendimiento luminoso de las lámparas, sin obviar su composición espectral; pero cuando respecta a eventos donde se realizarán filmaciones y retransmisiones, las dos características son decisivas.

Como una opción de alto rendimiento luminoso, tenemos las lámparas de haluros metálicos favorece una buena reproducción y tiene un alto rendimiento en su color, y

las lámparas de vapor de sodio de alta presión que, gracias a su tonalidad cálida, favorece una buena reproducción de la piel humana, a pesar de ser bajo en su rendimiento de color.

5.2.3 Definición de alturas

La definición de la altura idónea para las torres de luminaria depende de la medida de la horizontal y del ángulo formado por la normal y el centro del campo de fútbol. El valor del ángulo dependerá del diseño del proyecto, pero el rango recomendado por la Comisión Internacional De Iluminación (Commission International de Eclairage), es de entre 20° y 30°

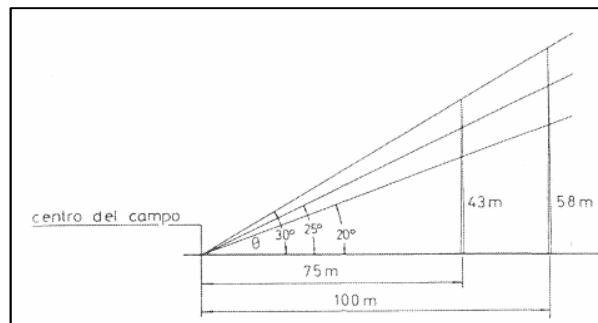


Figura 5.4 Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales.
Fuente: Autor

Se comprende que la calidad de la instalación de un alumbrado, depende de cuan alto se encuentre el montaje de los proyectores.

5.2.4 Estadísticas de iluminación para campos de fútbol

Las especificaciones están basadas en la clasificación que rige la FIFA de campos de fútbol, mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 5.3 Especificaciones para campos clase V y IV

		Iluminancia vertical			iluminancia horizontal			Propiedades de las lamparas	
		Ev media de las camaras	Uniformidad		Eh media	Uniformidad		Temperatura del color	Reproduccion de color
Clase	Cálculo hacia	Lux	U1	U2	Lux	U1	U2	Tk°	Ra
Clase V internacional	Cámara fija	>2000	0.6	0.7	3.500	0.6	0.8	>4.000	≥65
	Cámara de campo (al nivel del campo)	1.800	0.4	0.65					
Clase IV Nacional	Cámara fija	2.000	0.5	0.65	2.500	0.6	0.8	>4.000	≥65
	Cámara de campo (al nivel del campo)	1.400	0.35	0.6					

Fuente: (FIFA, 2011)

Tabla 5.4 Especificaciones para campos clase I, II y III

Nivel de actividad	Iluminancia horizontal	Uniformidad	Temperatura del color de la lampara	Reproduccion del color de la lampara
Clase	Eh ave (lux)	U2	Tk°	Ra
Clase III Partidos nacionales	750	0.7	>4.000	≥65
Clase II Partidos de liga y/o clubes	500	0.6	>4.000	≥65
Clase I Entrenamientos y juegos de recreo	200	0.5	>4.000	≥65

Fuente: (FIFA, 2011)

5.3 Cálculos luminotécnicos

Los cálculos luminotécnicos requieren del uso de operaciones matemáticas, aritméticas o algebraicas y trigonométricas, que implica una serie de datos recopilados del campo de futbol.

Gracias al avance tecnológico y digital, estos cálculos los podemos obtener de software mediante un ordenador, llegado a obtener datos como: iluminancias horizontales, iluminancias en un punto, valores de iluminancia sobre retículas, etc.

Al momento de ingresar datos al programa se puede modificar el número de divisiones de la malla reticular, mientras más divisiones tenga la malla mayor será la exactitud del cálculo de la iluminancia media y de la uniformidad.

5.3.1 Software Ulysse 2.2

El software Ulysse 2.2 es una herramienta práctica y muy sencilla a la hora de realizar un cálculo lumínico en superficies como, alumbrados públicos, alumbrados urbanos, alumbrados de parques o áreas de diseños preferentes.

En su interfaz el programa tiene tres secciones diferentes para realizar el cálculo y la simulación, y pueden ser usados separados o combinados unos con otros, dependiendo del diseño del proyecto.

5.3.1.1 Sección 1

Como primera sección tenemos “**BUSCADOR DE SOLUCIONES**”, que basado en estándares, permite encontrar soluciones rápidas, para las variables de entrada (por ejemplo, inclinación, altura, espaciamiento, etc.), el usuario es el encargado proporcionar un valor mínimo, un valor máximo y el incremento en medio paso.

Además, se puede fijar limitaciones a soluciones que cumplan con los requisitos de categoría de iluminación preferible.



Figura 5.5 Sección 1 de los cálculos lumínicos
Fuente: Autor

5.3.1.2 Sección 2

La segunda sección se llama “**ALUMBRADO PÚBLICO**”, es aquel que permite realizar cálculos generalizados con rapidez y sin esfuerzo. Esta sección ha sido diseñada con configuraciones modelos, de los alumbrados públicos más usados en las infraestructuras urbanas, y apegadas a las normas descritas por la Comisión internacional de iluminación (CIE).



Figura 5.6 Sección 2 de los cálculos lumínicos
Fuente: Autor

5.3.1.3 Sección 3

La tercera sección se llama “**ALUMBRADO GENERAL**”, esta sección cuenta con una serie de características de las dos secciones anteriores, además de contar con un control general sobre la red o malla, como los parámetros del diseño de alumbrado.



Figura 5.7 Sección 1 de los cálculos lumínicos
Fuente: Software Ulysse 2.2

Como otro punto a destacar, el software cuenta con un banco de dibujos 3D CAD, y con la capacidad de exportar e importar archivos CAD.

5.4 Procedimiento para la simulación lumínica software ULYSSE 2.2

Se procede a abrir el programa ULYSSE 2.2 para dar paso al interfaz del programa. Se selecciona la opción de ALUMBRADO GENERAL que es la sección donde se graficará la malla del campo de fútbol con los datos de área del campo.

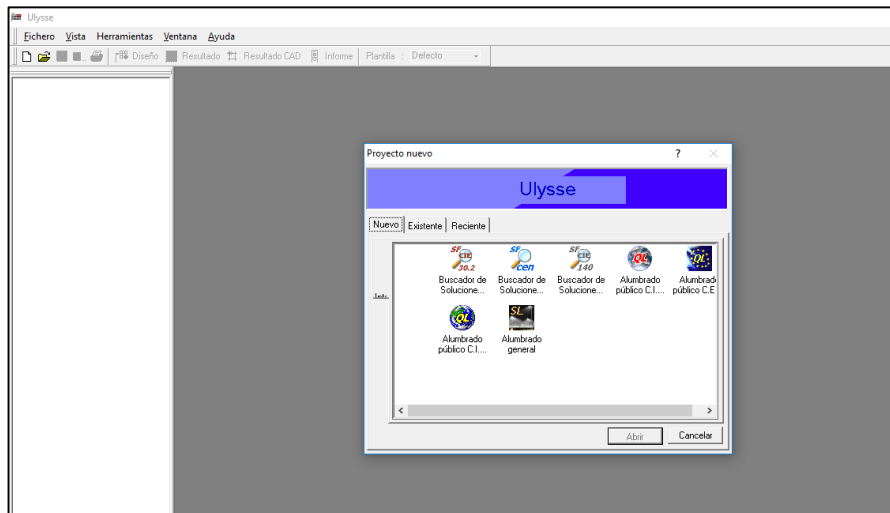


Figura 5.8 Interface del software
Fuente: Autor

Después de hacer doble clic en ALUMBRADO GENERAL se abrirá automáticamente una ventana, en la parte izquierda del menú de barras, donde aparecerá un icono en forma de cuadrículas, este icono esta denominado como MALLA, damos clic y se abrirá una tabla de datos para llenar.



Figura 5.9 Primer paso para simular el proyecto
Fuente: Autor

En esta tabla ingresaremos los datos del área del campo de futbol, el espacio entre puntos estratégicos, y el programa calculará cuantos puntos habrá en la malla tanto en el plano X como en el plano Y. Además, el programa da la opción de escoger las variables calculadas que necesitemos dependiendo del diseño de iluminación.

Propiedades de la malla

Información general

Tipo: Rectangular Activado Máscaras ON Escala del texto: 1,00 Color: [Color]

Descripción: CAMPO DE FUTBOL DE LA UCSG

Geometría

Posición de inicio

X: 0,000 m Y: 0,000 m Z: 0,000 m [Elegir]

Tamaño

Automático Automático Automático

Nº X: 22 Interdistancia X: 5,000 m Tamaño X: 105,000 m [Elegir]

Nº Y: 15 Interdistancia Y: 5,000 m Tamaño Y: 70,000 m

Orientación

Rotación: 0,000 Inclinación: 0,000 Inclinación (Rampa): 0,000

Cálculo

Iluminancia Normal

Luminancia

Intensidad

Iluminancia radial

Semicilíndrico

Hemisférico

ILE TR28 Site Test Grid

Posición del observador

Móvil Global Relativo

dX: -60,000 m dY: 0,000 m dZ: 1,500 m [Elegir]

Superficie de la carretera

Tabla R: C2007 Qo: 0,070

[Ok] [Aplicar] [Cancelar] [Ayuda]

Figura 5.10 Recopilación de datos para construir la malla
Fuente: Autor

Ahora con la malla ya en la ventana de trabajo, se escoge otra opción en la parte izquierda del programa, esta se llama GRUPO, y es la encargada de seleccionar las fuentes de iluminación, de preferencia por el diseñador.

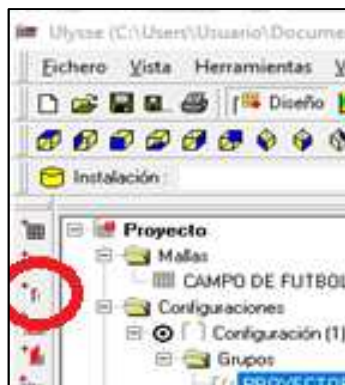


Figura 5.11 Elaboración de las luminarias
Fuente: Autor

Esta nueva tabla será la encargada de recoger todos los datos necesarios para los proyectores como, la información general del proyector (descripción del proyector, color), la geometría de su ubicación (se puede ingresar las coordenadas de ubicación o seleccionar en el plano), y la luminaria, este último es donde se escogerá el tipo de

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 6

SISTEMA DE ILUMINACIÓN

6.1 Análisis del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de iluminación para el campo de futbol de la UCSG, adecuado para la visión optima de los protagonistas al momento de realizar las actividades deportivas en horarios nocturnos.

6.2 Datos obtenidos por medición del campo de futbol

Ancho de área (a)= 70m

Longitud del área (l)= 105m

Área (PPA)= 7350m²

Cuando se requiere calcular la iluminación media, esta debe ser calculada a 1 m sobre la superficie (normas de “IESNA RP-6”).

En base a las normas “IESNA RP-6”, y al nivel deportivo que se practicará en el campo de futbol (Clase IV) la iluminación respectiva será de aproximadamente: 350 lux.

Se adjuntan la tabla con las normas establecidas por la “IESNA RP-6”, en el **ANEXO 7**.

6.3 Selección del sistema de alumbrado

Elegir el sistema de alumbrado para el campo de futbol, es importante ya que con este podemos determinar el emplazamiento de las torres con respecto al campo, y la distribución de la orientación de las luminarias.

Para el presente proyecto se destinó un modelo que consta de 4 torres de iluminación, los cuales estarán distribuidos por igual en cada esquina del campo de futbol respectivamente, con una distancia entre el borde del campo y la torre de iluminación

(setback), determinada con las medidas estándar que establece la FIFA basadas en el cálculo con respecto al efecto de deslumbramiento del deportista. El sistema de alumbrado escogido se encuentra representado en el **Anexo 15**.

6.4 Altura de montaje de las luminarias

Aunque la altura de montaje puede quedar establecido por el diseñador, se puede establecer la altura considerando el efecto de deslumbramiento.

La FIFA en su manual “Recomendaciones Técnicas Y Requisitos Para Estadios De Futbol” establece que para evitar el efecto deslumbramiento en los jugadores, se recomienda un ángulo de 20° entre la orientación de los ojos del observador en el centro del ancho del campo y la distancia horizontal del centro del campo a la ubicación de la torre, y un ángulo de 75° con la horizontal cuando el observador se encuentre en el borde del campo. A partir de estas recomendaciones y de la formula (17) se obtiene lo siguiente.

$$\text{Setback: } Sb \geq \frac{\frac{70}{2} \cdot \text{Tag}(20^\circ)}{\text{Tag}(75^\circ) - \text{Tag}(20^\circ)} = 3.78\text{m}$$

$$\text{Altura mínima } H \geq \text{Tag}(20^\circ) \cdot \left(\frac{70}{2} + Sb_{\min} \right) = 14.11\text{m}$$

Las medidas de altura y setback que escogeremos, deben tener un valor mayor o igual al antes calculado. En este caso escogeremos los valores recomendados por el NEMA en el **Anexo 11**.

$$H = 50\text{ft} = 15.26\text{m}$$

$$Sb = 20\text{ft} = 6.096\text{m}$$

6.5 Elección de las fuentes luminosas

Según la demanda de la carga y el tipo de aplicación (ver **Anexo 9**) que usaremos lo proyectores, las fuentes de luz más adecuadas para el campo son:

- Fuentes de sodio a alta presión
- Fuentes de haluro metálico (metal halide)

Lámpara	Potencia (W)	Temp. de color (°K)	Rendimiento (lm/W)	Índice de rend. de color (IRC)	Vida útil (h)	Tiempo de encendido (min)
Haluros metálicos	100 - 2000	3700 - 5000	50,3V - 102V 42,3H - 88,7H	65 - 75	3000V - 20000V 3000H - 15000V	< 4
Sodio alta presión	35 - 1000	1900 - 2000	57,9 - 126	22	16000 - 28500	< 6

De esta preselección de fuentes de luz se ha escogido las fuentes de haluros metálicos, que tiene un alto rendimiento lumínico, su índice de reproducción de color es muy elevado y su tiempo de encendido es menor.

6.6 Selección de las luminarias o proyectores

Debido al mercado de luminarias que existen, la selección de las luminarias depende de varios factores como la potencia más adecuada, los aspectos fotométricos, etc.

La potencia más adecuada para la superficie exterior que se desea iluminar dependerá de la altura de montaje y en base al cálculo de la altura mínima la potencia mínima adecuada es de 1000 W. Se usará un proyector con una potencia de 2000W.

Ahora se clasificará a las luminarias según su apertura del haz o NEMA, para esto de las ecuaciones (22) y (23), se halla la distancia de proyección:

$$X = \frac{H}{\tan(25^\circ)} - Sb$$

$$X = \frac{15.24m}{\tan(25^\circ)} - 6.09m = 26.6m$$

$$dp = \sqrt{(sb + X)^2 + H^2}$$

$$dp = \sqrt{(6.09 + 26.6)^2 + (15.26)^2} = 36.07m$$

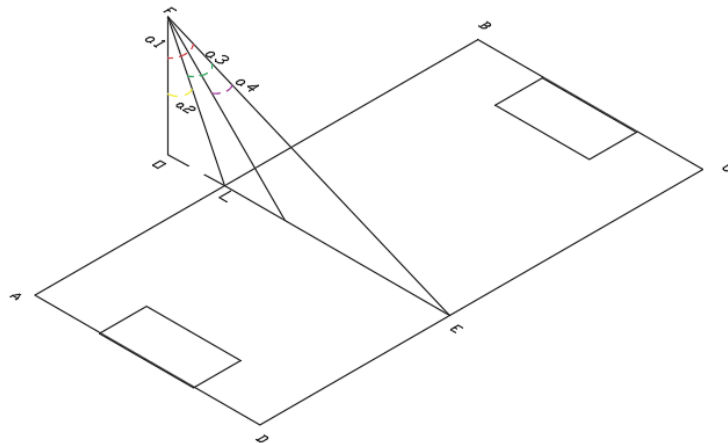
El valor resultante de la distancia de proyección sirve para determinar el NEMA del proyector en la tabla del **Anexo 10**, a partir de la tabla y la figura ilustrada se establece la lámpara de haz estrecho, clase 5.

Se considera también los aspectos físicos y dimensionales de las luminarias para definir el grado de protección contra polvo y lluvia, tomando en cuenta que estas luminarias se encuentran en lo más alto de las torres y a la intemperie.

La compañía “SCHREDER” pone a su disposición un banco de luminarias para cualquier diseño; las luminarias escogidas para este proyecto son las de “STADIALUX” tipo “RS”, que tiene un grado de protección contra polvo y lluvia de IP65. Las características de la luminaria se encuentran en el **ANEXO 12**.

6.7 Cálculo de lúmenes basado en la selección de luminaria

Para este cálculo usaremos el *método del lumen de haz*, comenzando a calcular el coeficiente de utilización del haz preliminar (CBU*) a partir del cálculo del ángulo α_4 . Para encontrar el CBU



$$\alpha_1 = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{EO}{FO} \right) \rightarrow \text{Tan}^{-1} \frac{Sb + LE}{H}$$

$$\alpha_1 = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{6.09 + 70}{15.26} \right) = 78.66^\circ$$

$$\alpha_2 = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{LO}{FO} \right) \rightarrow \text{Tan}^{-1} \left(\frac{Sb}{H} \right)$$

$$\alpha_2 = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{6.09}{15.26}\right) = 21.78^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_1 - \alpha_2$$

$$\alpha_3 = 78.65^\circ - 21.78^\circ = 56.87^\circ$$

$$\alpha_4 = \left(\frac{\alpha_3}{2}\right) \rightarrow \frac{56.87^\circ}{2} = 28.44^\circ$$

$\alpha_1 = 78.65^\circ$	$\alpha_3 = 56.87^\circ$
$\alpha_2 = 21.78^\circ$	$\alpha_4 = 28.44^\circ$

A partir de la gráfica fotométrica que suministra el fabricante de la lámpara, se puede observar la gráfica del CBU+ y el CBU- de la luminaria para determinar el CBU*. Por lo tanto, el valor del coeficiente de utilización preliminar CBU* es:

Luminaria	CBU ⁺	CBU ⁻	CBU*
SCHREDER STADIALUX "RS"	0.25	0.42	0.67

Se procede a determinar el factor de campo (FF) a partir de la ecuación (31), teniendo como resultado:

$$FF = \frac{W}{\sqrt{H^2 + Sb^2}}$$

$$FF = \frac{105}{\sqrt{(15.24)^2 + (6.09)^2}} = 6.40$$

El factor de ajustamiento (AAF) según la **Tabla 4.5** con respecto a su factor de campo y su coeficiente de apertura de haz, es de **0.8**.

Se determina el coeficiente de utilización del haz para un diseño de 4 torres a partir de la ecuación (32) teniendo como resultado

$$CBU = CBU^* \cdot AAF$$

$$CBU = (0.67) \cdot (0.8) = 0.536$$

Siguiendo los pasos del método de lúmenes para el proyector, se determinará el factor mantenimiento a partir de los dos factores correspondientes: *depreciación del flujo de la lámpara* y *la depreciación de la luminaria*.

Para determinar la *depreciación del flujo de la lámpara* usamos la ecuación (21), los valores de los lúmenes iniciales y medios de las lampareras son datos suministrados por el fabricante, como resultado obtendremos:

$$FDF = \frac{168000}{183000} = 0.92$$

Para determinar la *depreciación de la luminaria (FDS)*, nos guiamos en la **tabla 4.4**, con las características de una luminaria cerrada en un local abierto limpio, obtenemos como resultado un valor: **FDS= 0.98**

Por lo tanto, el *factor mantenimiento* de los proyectores seleccionados es:

$$f_m = (0.8) \cdot (0.92) = 0.74$$

Se determina el número de proyectores para el diseño del sistema de alumbrado seleccionado, a partir de la ecuación (35):

Para diseño de 4 torres

$$N_p = \frac{E_{med} \cdot Area}{\phi_{haz} \cdot CBU \cdot f_m} = \frac{(350lux) \cdot (7350m^2)}{(183000) \cdot (0.576) \cdot (0.74)} = 31.28$$

$$N_p \text{ por poste} = \frac{31.28}{4} = 7.82 \cong 8$$

$$N_p \text{ total} = (8) \cdot (4) = 32 \text{ proyectores}$$

6.8 Simulación en software “Ulysse”

El proyector que se escogió, para el diseño de 4 torres, es el proyector “STADIALUX” tipo “RS” del catálogo de “SCHREDER”, de 2000W con un flujo luminoso de 183000 lm/watt.

Una vez planteados tanto los datos, como los parámetros de inicio de acuerdo con las necesidades de nuestro diseño a continuación se presenta el resultado de los parámetros obtenidos de la simulación.

Tipo 4 POSTES con proyectores de 2000W

- Breve resumen: ILUMINACION - CAMPO DE FUTBOL UCSG -
- Descripción: SISTEMA 4 TORRES CON PROYECTORES DE 2000W
- Nombre del proyectista: GERARDO ESTEVES
- Configuración (1)

CAMPO DE FUTBOL UCSG

Iluminancia

- Mínimo [Lux] : 150,7
- Máximo [Lux] : 450,9
- Media ponderada [Lux] : 248,0
- Mín/Máx [%] : 33,4
- Mín/Media pond. [%] : 60,8

Luminancia (-> -60,000; 0,000; 1,500)

- Mínimo [cd/m²] : 8,44
- Máximo [cd/m²] : 106,74
- Media ponderada [cd/m²] : 21,66
- Mín/Máx [%] : 7,9
- Mín/Media pond. [%] : 39,0

Información general

Detalles de las mallas

• CAMPO DE FUTBOL UCSG (1)

General

Tipo : Rectangular Activado : Máscaras Color : XXXXXXXXXX

Geometría

Posición de

X : 0,000 Y : 0,000 Z : 0,000

Tamaño

Nº X : 16 Interdistancia X : 7,000 Tamaño X : 105,000
 Nº Y : 11 Interdistancia Y : 7,000 Tamaño Y : 70,000

Cálculo

Iluminancia : Faceta : Normal
 Luminancia :

Posición del

Móvil : dX : -60,000 dY : 0,000 dZ : 1,500

Superficie de la

Tabla R : C2007 Qo : 0,070

Resumen

Resumen sobre las mallas

Tipo de media: Aritmética (A) o Ponderada (P)

CAMPO DE FUTBOL UCSG (1)	Mín	Máx	Med (P)	Mín/Máx	Mín/Med
Iluminancia (lux)	152,7	437,8	245,6	34,9	62,2
Luminancia (cd/m²)	8,18	103,33	21,52	7,9	38,0

Resultados de las mallas

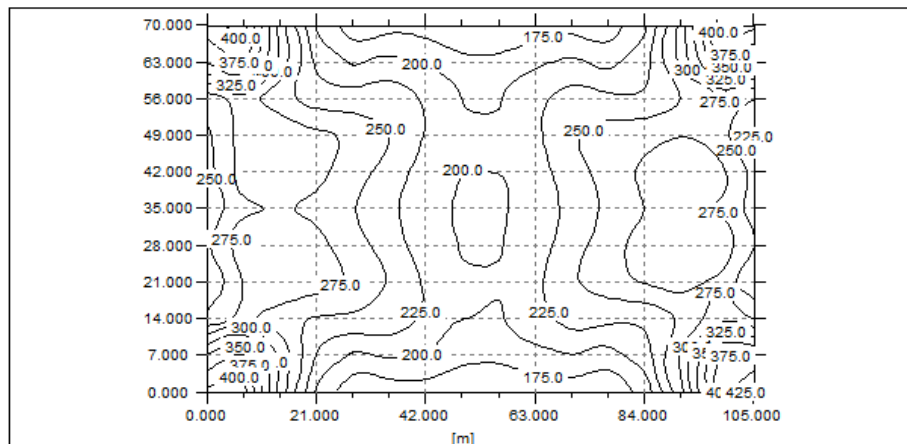
Tipo de media: Aritmética (A) o Ponderada (P)

CAMPO DE FUTBOL UCSG (1) : Iluminancia [lux]

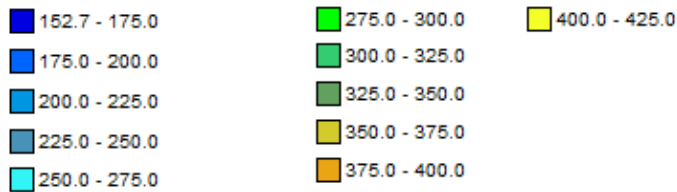
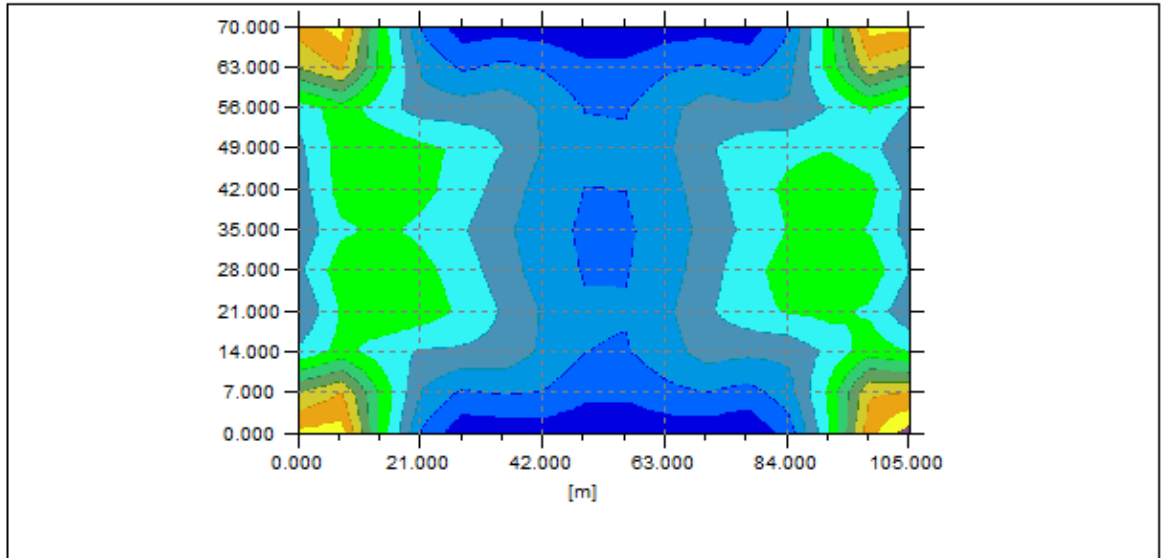
Mín : 152,7 lux Med (P) 245,6 lux Máx : 437,8 lux Uo : 62,2 % Ug : 34,9 %

70,00	387,8	411,2	289,4	196,9	161,1	165,8	161,9	153,7	153,5	162,0	165,6	161,0	197,0	288,3	409,7	406,6
63,00	352,2	378,6	290,9	220,1	196,9	207,2	197,7	182,0	181,9	196,3	204,4	192,9	217,0	283,3	365,1	339,2
56,00	260,6	289,0	260,3	238,4	237,6	242,5	220,3	199,5	198,6	217,7	237,0	230,7	228,6	251,3	276,5	249,8
49,00	244,7	285,9	294,6	282,0	269,2	249,8	222,9	204,0	203,8	220,3	246,5	262,9	268,8	274,0	261,4	222,6
42,00	239,8	285,3	296,0	281,5	263,3	238,4	213,4	199,6	200,2	214,3	238,6	262,6	280,0	292,4	282,9	240,9
35,00	232,5	269,8	279,6	268,7	251,8	230,9	208,7	196,3	196,8	210,1	233,5	256,6	275,8	285,4	272,8	240,1
28,00	245,6	289,8	298,2	282,1	262,0	236,5	211,7	198,3	198,6	212,9	239,2	265,3	286,2	299,7	290,8	249,4
21,00	225,9	276,9	298,4	289,1	269,6	247,3	221,4	202,9	202,1	219,9	246,5	264,9	277,3	282,5	270,6	228,1
14,00	256,6	283,5	261,4	247,2	246,1	241,7	219,9	200,3	197,8	214,3	235,8	231,0	231,4	255,3	290,2	273,6
7,00	350,7	374,9	292,1	223,4	196,3	203,5	198,6	183,2	181,5	193,8	200,0	190,9	214,1	281,1	371,1	374,2
0,00	405,9	412,0	289,2	196,6	157,0	159,0	162,0	155,1	154,1	159,7	159,7	152,7	186,3	272,8	390,9	437,8
Y/X	0,00	7,00	14,00	21,00	28,00	35,00	42,00	49,00	56,00	63,00	70,00	77,00	84,00	91,00	98,00	105,00

CAMPO DE FUTBOL UCSG (1) : Iluminancia [lux]



CAMPO DE FUTBOL UCSG (1) : Iluminancia [lux]



CAMPO DE FUTBOL UCSG (1) : Luminancia [cd/m²]

Min :		8,18		cd/m²		Med (P)		21,52		cd/m²		Máx :		103,33		cd/m²		Uo :		38,0		%		Ug :		7,9		%																																																																																																																																																																															
70,00	13,64	14,73	11,88	9,12	8,18	8,29	9,19	9,70	10,39	11,88	13,88	15,93	23,70	34,10	30,92	18,37	63,00	15,54	15,51	13,03	10,96	11,46	12,60	12,70	13,04	17,22	27,67	47,28	55,14	50,04	36,69	25,36	15,93	56,00	12,82	13,09	12,55	12,70	13,91	16,01	18,76	25,32	49,55	103,33	98,24	48,69	24,98	19,02	15,48	11,36	49,00	12,46	14,17	15,27	16,26	17,75	23,78	40,00	82,02	72,01	47,77	32,45	21,99	18,36	15,22	12,75	9,78	42,00	12,30	15,40	17,12	21,16	34,71	57,23	39,69	29,72	24,82	20,87	17,07	15,39	15,40	14,36	13,86	11,34	35,00	12,62	17,17	29,97	39,03	25,42	20,08	18,65	18,24	18,02	17,28	12,11	12,92	13,67	13,77	12,81	10,91	28,00	23,90	27,22	21,00	19,52	19,49	18,11	17,01	16,84	17,20	15,48	13,50	12,96	13,64	13,80	13,25	10,91	21,00	12,26	14,89	16,73	18,21	19,03	18,89	17,89	17,12	15,27	14,72	15,69	13,20	13,43	12,51	11,35	9,05	14,00	11,74	13,45	13,83	14,99	16,62	18,33	18,28	16,21	14,60	16,73	17,90	13,74	12,00	12,15	12,66	10,45	7,00	14,71	16,61	15,19	13,76	14,84	16,82	16,95	15,24	17,27	19,04	19,64	16,25	15,62	17,57	18,83	15,34	0,00	23,77	26,56	25,95	25,34	26,94	29,74	34,88	39,05	44,18	46,83	42,32	31,01	28,35	29,51	26,13	18,32	Y/X	0,00	7,00	14,00	21,00	28,00	35,00	42,00	49,00	56,00	63,00	70,00	77,00	84,00	91,00	98,00	105,00

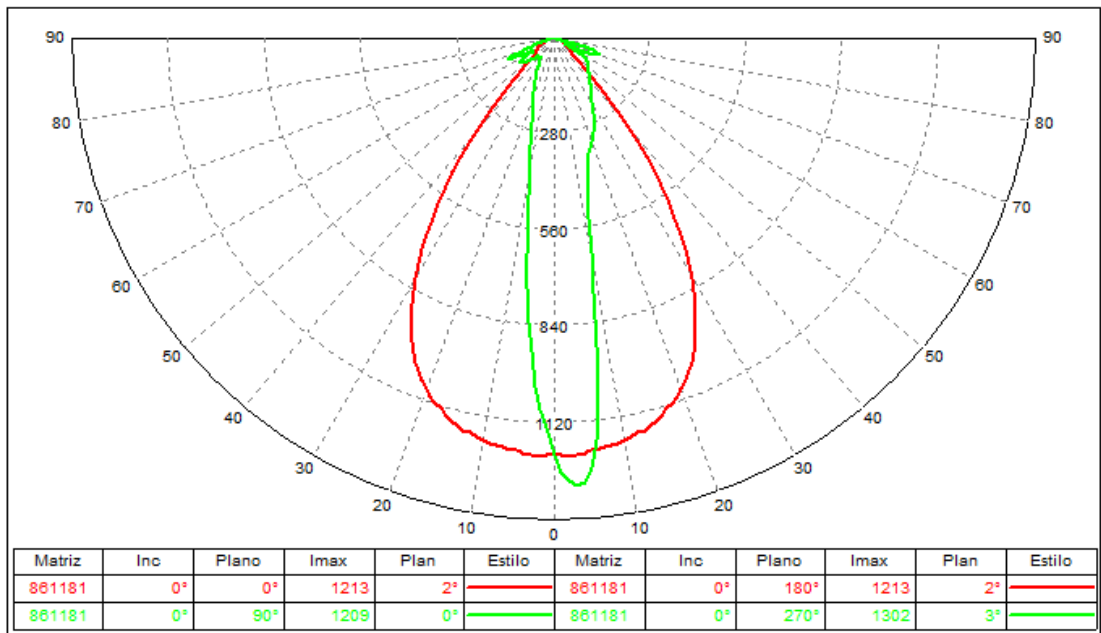
	N°	Principio			Luminaria			
		X	Y	H	Matriz	Az	Inc	Rot
✓	1	110,213	-3,621	15,260	861181	321,9	73,6	0,0
✓	2	-4,597	-3,761	15,260	861181	26,3	69,9	0,0
✓	3	-5,012	73,200	15,260	861181	170,6	66,2	0,0
✓	4	109,463	74,674	15,260	861181	219,0	74,0	0,0
✓	5	-4,289	-4,054	15,260	861181	40,1	72,3	0,0
✓	6	-3,330	-5,033	15,260	861181	63,7	77,6	0,0
✓	7	-2,957	-5,344	15,260	861181	72,3	77,0	0,0
✓	8	-2,707	-5,718	15,260	861181	82,9	76,9	0,0
✓	9	109,910	-3,833	15,260	861181	312,8	75,7	0,0
✓	10	109,214	-4,257	15,260	861181	295,5	77,5	0,0
✓	11	108,911	-4,499	15,260	861181	287,1	76,7	0,0
✓	12	108,578	-4,832	15,260	861181	276,1	76,5	0,0
✓	13	-4,612	73,491	15,260	861181	153,5	70,5	0,0
✓	14	-3,990	74,114	15,260	861181	131,2	75,9	0,0
✓	15	-3,639	74,296	15,260	861181	124,1	78,1	0,0
✓	16	-3,415	74,604	15,260	861181	116,4	77,7	0,0
✓	17	109,145	74,837	15,260	861181	227,8	76,2	0,0
✓	18	108,537	75,179	15,260	861181	243,7	77,9	0,0
✓	19	108,225	75,384	15,260	861181	254,5	77,2	0,0
✓	20	107,886	75,600	15,260	861181	263,7	74,7	0,0
✓	21	-4,046	-4,326	15,260	861181	50,1	75,3	0,0
✓	22	109,547	-4,015	15,260	861181	303,3	78,1	0,0
✓	23	108,843	74,972	15,260	861181	234,7	78,0	0,0
✓	24	-4,301	73,803	15,260	861181	139,8	73,0	0,0
✓	25	-4,986	-3,328	15,260	861181	8,7	67,6	0,0
✓	26	-3,704	-4,721	15,260	861181	56,2	78,1	0,0
✓	27	-3,155	74,883	15,260	861181	105,2	77,0	0,0
✓	28	-2,902	75,171	15,260	861181	95,7	74,7	0,0
✓	29	110,485	-3,319	15,260	861181	333,9	70,8	0,0
✓	30	110,788	-3,046	15,260	861181	350,6	67,9	0,0
✓	31	110,101	74,185	15,260	861181	188,1	68,3	0,0
✓	32	109,757	74,470	15,260	861181	204,6	71,4	0,0

861181

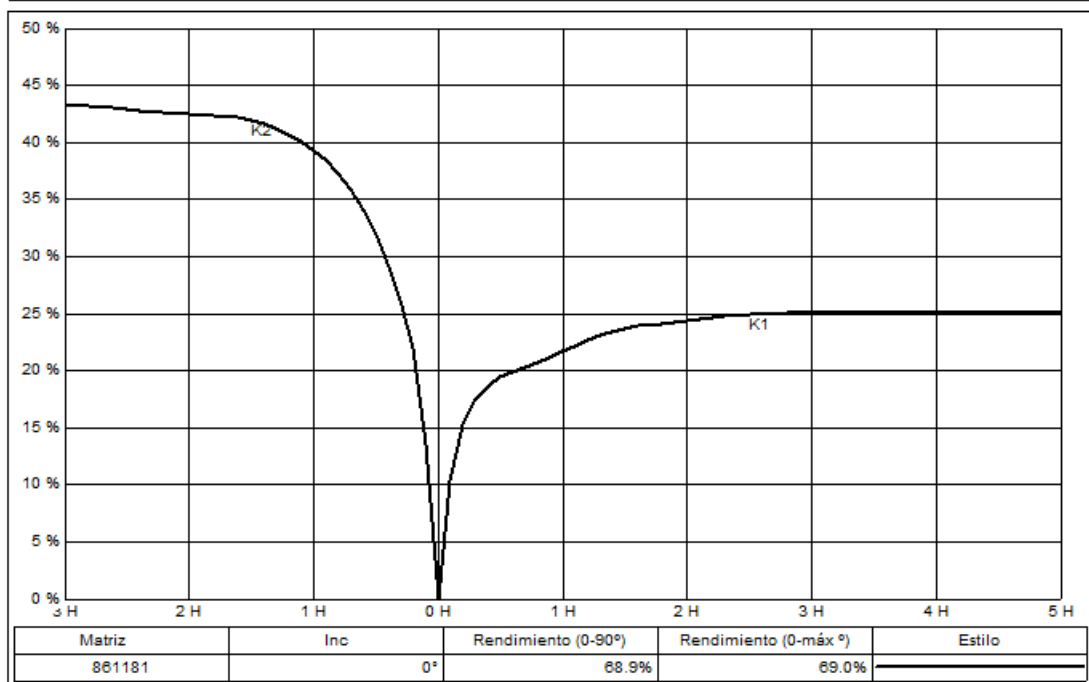


RS/SMOOTH FLAT GLASS/1232/HPI-T/2000/-150 +D220

Diagrama Polar / Cartesiano



Curva de utilización



6.9 Análisis comparativo entre la luz diurna y la proyectada en el diseño

Luz diurna, luz del día o luz natural es una combinación de toda la luz solar exterior durante el día (y tal vez también durante el crepúsculo). Esto incluye luz solar

directa, radiación difusa del cielo, y (a menudo) ambos reflejados desde la Tierra y los objetos terrestres.

La luz diurna se presenta en un sitio ratorsonal, en cierto grado, siempre que el sol esté sobre el horizonte de ese sitio.

Intensidad de la luz diurna bajo diversas condiciones	
Iluminancia	Ejemplo
120000 lux	Luz diurna más brillante
110000 lux	Luz diurna brillante
20000 lux	Sombra iluminada por un cielo completamente azul, al mediodía.
10000 - 25000 lux	Típico día nublado o al mediodía.
<200 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas y al mediodía.
400 lux	Orto u ocaso en un día claro (iluminación ambiental).
40 lux	Completamente nublado, en el orto/ocaso.
<1 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas, en el orto/ocaso.

La cantidad de lúmenes calculados por el software es de 248,0 lux, en comparación con la luz del día, el proyecto tiene un alcance del 0.206% con respecto a la cantidad de intensidad de luz del día más brillante que es de 120000 lux. Esto no significa que el área situada no tiene una iluminación suficiente, solo compara cuanto alcance en lúmenes tiene el proyecto con la luz más brillante del día.

CAPÍTULO 7

MEMORIA DESCRIPTIVA

7.1 Antecedentes

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar el sistema eléctrico del campo de futbol de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, para la respectiva conexión con el diseño de la extensión de la red de media tensión. Los resultados en base a los criterios recomendados servirán para elegir la opción más idónea para un el diseño del proyecto.

7.2 Objetivo

- Diseñar la extensión de la acometida de media tensión para la conexión con la nueva instalación del campo de futbol.
- Calcular la potencia del transformador en base a la carga del circuito de alumbrado del campo de futbol
- Proyectar la canalización eléctrica desde la acometida de baja tensión hacia los tableros de medición, control y los circuitos de alumbrado.

7.3 Emplazamiento

El campo de futbol se ubica en la parte posterior de la Facultad de Medicina en la parte alta de la loma adyacente a la universidad, su emplazamiento muestra en el **Anexo 1**.

7.4 Situación

El campo de futbol se encuentra situado en la parte centro-este de la ciudad de Guayaquil. El plano se encuentra en el **Anexo 2**

7.5 Datos obtenidos por medición

- Ancho de área (a)= 70
- Longitud del área (l)= 105

- Área (PPA)= 7350

La vista actual se encuentra en el **Anexo 14**.

7.6 Demanda requerida por la instalación

Para un modelo de sistema de iluminación de 4 torres, cada torre ira colocada en las esquinas del campo de futbol, a un espacio, entre el perfil del campo y la ubicación de la torre, de 6 m. Cada torre dispondrá de 8 proyectores, con un total de 32 proyectores en el sistema de iluminación. El proyector seleccionado tiene una potencia de 2000W.

Carga total

$$32*2000= 64000 \text{ W}$$

La potencia instalada por todos los proyectores es de 64000 W, y para encontrar nuestra demanda requerida, hemos recomendado un factor de potencia de 0.95, y factor de continuidad de 1, adicional se considera un porcentaje de reserva del transformador de 20%.

- P= 64000W

- Fp= 0.95, Fc= 1

- %r= 20% → 1.20

- S= ?

$$Fp = \frac{P}{S}$$

$$0.95 = \frac{64000W}{S} \rightarrow S = \frac{64000W}{0.95} = 67368 \text{ kVA}$$

$$S*(1.2) = 80842 \text{ kVA}$$

Potencia del transformador= 100kVA

Por lo tanto, se ha establecido un transformador trifásico pad mounted, con una capacidad de 100 kVA para el modelo de alumbrado planteado, considerando las recomendaciones del fabricante, del porcentaje de reserva del transformador y de futuras ampliaciones que se adicionen en la instalación.

La conexión del secundario del transformador será de tipo delta, se alimentará a los transformadores de corriente desde cada fase del primario del pad mounted, estos se conectarán con un cable concéntrico número 12 al medidor trifásico para determinar el consumo de la de la carga del sistema de iluminación, con un tipo de medición indirecta

7.7 Extensión de Red De Media Tensión

Para poder entregar el servicio de energía eléctrica al transformador va a ser necesario la construcción de una extensión de la red de media tensión, desde su alimentador principal.

La extensión de la red de media tensión tendrá una distancia aproximada de 400 m y se tomará desde el ultimo poste de la red ubicado frente a la Facultad de medicina, siguiendo la conexión con los nuevos postes P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 de estructuras tipo RC, de hormigón con una altura de 11 m. El plano de implantación proyectado para la extensión de la red de media tensión se encuentra en el **Anexo 4**.

Las distancias entre postes y postes se encuentran en la siguiente tabla

PUNTO DE CONEXIÓN - P1	52.15 m
P1 - P2	57.91 m
P2 - P3	57.22 m
P3 - P4	59.54 m
P4 - P5	58.24 m
P5 - P6	53.54 m
P6 - P7	56.27 m

Los conductores que se requieren para esta extensión de la conexión de media tensión, serán de aluminio reforzado con acero tipo ACSR, de calibre #2 AWG. La tabla del calibre de los cables se encuentra en el **Anexo 13**

Según las normas NATSIM, el ultimo poste usará un cable tensor acerado de 3/8" de diámetro.

7.8 Punto De Transformación

El transformador será trifásico con una potencia de 100kVA, el mismo que será montado en un poste de estructura RC con su tensor respectivo. Este transformador

será de tipo convencional de distribución, trifásico, con auto refrigerado de aceite, para funcionamiento a la intemperie con una altura máxima de 3000msnm, con un nivel de tensión de 22KV en el primario y un nivel de tensión de 3x127/220V en el secundario.

El transformador estará protegido contra cortocircuito y sobrecorriente, gracias a seccionadores de fusible unipolar tipo abierto de 27KV, en conjunto con un tirafusible tipo K de 10A, para el lado de media tensión del transformador; y para el lado de baja tensión se usará fusibles tipo NH de 250A.

Para protección contra sobretensiones se usará un pararrayo de caucho siliconado de tipo polímero de 18KV, los que estarán conectados a la puesta tierra mediante un cable de conductor desnudo calibre #2 AWG, y una varilla cooperweld de diámetro 16mm y una longitud de 1.8m. La carcasa del transformador también se conectará a tierra por el mismo método de aterrizamiento antes mencionado. El diseño de la acometida y su punto de transformación se encuentran en el **Anexo 6**.

7.9 Acometida En Baja Tensión

La acometida para el diseño será subterránea, y se conectara desde los bornes fusibles del secundario del transformador, con conductores de cobre CU, tipo TTU AWG calibre 2/0, estos conductores que salen del transformador estarán protegidos por codos reversibles y tuberías EMT de 2 pulgadas de diámetro. En la parte subterránea usaremos tuberías tipo politubo de punta roja, con una resistencia elevada.

Los conductores que salen del secundario del transformador se conectan con el interruptor diferencial general de 200A y este hacia los interruptores diferenciales de 60^a.

La acometida tendrá un neutro que estará conectado a la varilla de tierra cooperweld de 16x1800mm, mediante un conductor cableado de cobre #2 AWG, los mismo que estarán soldados mediante suelda isotérmica, para tener una conexión estable de voltajes entre fases y evitar así pérdidas.

El diseño del diagrama unifilar para este circuito de alumbrado se encuentra en el **Anexo 5**

7.10 Sistemas de medición

Se propone un medidor trifásico CL-200A, 7 terminales “3F- 4H >70 A y <175A General Electric Milbank Anchor/Thomas&Betts” y será suministrado por la empresa distribuidora de energía eléctrica y será colocada en una caja de material hierro tool de 1/20” de espesor de acuerdo a las normas que rige la empresa eléctrica en su documento NATSIM. El mismo va empotrado a una altura de 1.5m sobre el suelo en el último poste de la extensión de media tensión a una distancia de 5m con respecto al transformador.

7.11 Tablero de distribución

Para realizar una distribución y protección óptima y adecuada de los diferentes circuitos para el grupo de proyectores, se ha planeado la instalación de un tablero de protección, que se va a ubicar en el cuarto de tableros a una altura de 1.5m sobre el suelo.

Su ubicación está indicada en el plano de **Anexo 6**, la alimentación de este tablero viene de la salida del tablero de medición, con un circuito trifásico de cables conductores de cobre CU, tipo TTU AWG, con un calibre de 2/0 y con una protección de fusibles NH de 160 A.

7.12 Barras de Distribución

Las barras estarán calculadas para no incrementar su temperatura más de 30°C, a plena carga sobre la temperatura ambiente.

Las barras serán de cobre de un espesor mínimo de 3 milímetros (1/8”), y un ancho mínimo de 12.7 milímetros (1/2”), y estarán apoyadas sobre aisladores adecuados de 2.5 centímetros de espesor mínimo.

La longitud de las barras se determinará de tal manera, que cada derivación de la misma comprenda un mínimo de 3 centímetros, considerándose, el espacio necesario para aisladores y terminales de alimentación.

7.13 Pozo De Revisión

Se prevé la construcción de cuatro pozos de revisión de medidas 40x40x40cm, a una distancia de m de cada torre y protegido con una tapa de hormigo armado con borde triangular para el fácil empotramiento.

7.14 Interconexión del sistema eléctrico

La carga de cada torre de iluminación es de 16KW y el voltaje de cada proyector es de 220V, calculamos el amperaje que debe soportar cada conductor:

$$P = \sqrt{3} \cdot FP \cdot V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot FP} = \frac{16KW}{\sqrt{3} \cdot (0.95) \cdot 240V} = 40.56A$$

Según la tabla de conductores, para una carga con un amperaje de 40.56A, se prevé tres conductores #6-CU-AWG, más un conductor #4-CU-AWG

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

La construcción de una extensión de la red de media tensión hacia el campo de futbol, será un gran paso para futuras edificaciones e instalaciones que requieran de un servicio eléctrico. El diseño de la extensión de la red de media tensión tiene una trayectoria linear homogénea al área donde se prevé el recorrido. La selección del transformador trifásico está pensada en las futuras cargas que se pueden adicionar, y que requieran un sistema trifásico.

Se estableció un servicio eléctrico subterráneo para el lado de baja tensión del transformador, ya que así los conductores no estarán expuestos a la intemperie ni a posibles accidentes que puedan ocurrir, también aumenta la protección ante alguna posible fuga de corriente, gracias a que se encuentra más cerca de la resistencia de la tierra. La instalación está basada en las normas NATSIM, y estándares internacionales para tener una calidad de servicio eléctrico integro, estético, y rentable.

Satisfacer la necesidad del servicio eléctrico en un sector nuevo, no solo ayudará a mejorar la imagen del campo de futbol, también producirá un aumento de consumo total de energía eléctrica para la Universidad, es por esto que para cualquier aumento de carga eléctrica se deberá solicitar una autorización previo a la entrega del diseño de implementación.

Un sistema de iluminación de 4 torres para el campo de futbol, es la más óptima para la selección de proyectores con un haz circular de la lámpara simétrica en los dos planos, llegando a satisfacer la necesidad de iluminación en todos los puntos estratégicos seleccionados en la malla creada para el campo de futbol.

La cantidad de proyectores escogidos depende del cálculo de lumínico necesario para alcanzar un nivel de luminancia optima, y de la estética del diseñador, ya que la intensidad lumínica de los proyectores se puede controlar gracias a un controlador de nivel lumínico que puede ser instalado en el tablero de control

El software escogido para el cálculo de la luminancia del campo de futbol, es de una versión antigua, es decir, los proyectores escogidos no son los aplicados en la actualidad, esto se debe a que estos tipos de programas capaces de calcular la cantidad de lúmenes que necesita un área, no son gratis, tienen un costo elevado, y son suministrados por las empresas distribuidoras de las lámparas; para agregar, estos tipos de software que se encuentran gratis en línea, son versiones de pruebas de un tiempo limitado, y no tienen todos los elementos o componentes que se requieran para un cálculo completo luminancia.

8.2 Recomendaciones

Mejorar la infraestructura del campo de futbol seria la recomendación primordial para realizar un diseño adecuado para el proyecto, ya que en la actualidad la estructura se encuentra maltratada por el paso de camiones debido a construcciones adyacentes al campo.

La duración de las lámparas luminarias, va a depender del índice de protección contra cuerpos externos que tiene cada lámpara, del tiempo de uso continuo y del mantenimiento que se le dé al local donde se encuentran las luminarias en las torres.

Los cálculos lumínicos tanto en la simulación como en el método teórico deben tener pendiente el cuidado de deslumbramiento para los protagonistas de los eventos en el campo de futbol.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias

- CÁCERES, T. J. (2014). *ILUMINACION - CANCHA ESTADIO SIGSIG*. Obtenido de http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/4195/4/2DA_DESARROLLO.pdf
- Castells, A. J. (2013). *CRITERIOS BÁSICOS PARA LA INSTALACION DE ALUMBRADOS EN CAMPOS DE FUTBOL*. Obtenido de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2197/2516>
- FIFA. (2011). *Recomendaciones técnicas y requisitos para estadios de futbol*. Obtenido de https://resources.fifa.com/mm/document/tournament/competition/01/37/17/76/s_sb2010_stadiumbook_ganz.pdf
- Garcia, M. L. (2014). *Instalaciones electricas de Media Tensión*. Obtenido de <http://umh2223.edu.umh.es/>
- IEC. (1989). *Grados de proteccion contra polvo y humedad*. Obtenido de http://www.iec.ch/members_experts/refdocs/?ref=menu
- Monroy, M. M. (2006). *MANUAL DE LA ILUMINACION*. Obtenido de <http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/icaro/Manual-1-ILUMINACION.pdf>
- MYEEL. (s.f.). *Archivos fotograficos MYEEL*. Obtenido de www.myeel.com.ar/producto/Autodesconectador_ICX_ABB%7D
- Prieto, J. C. (s.f). *MANUAL PARA DISEÑO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN AEREAS*. Obtenido de https://www.academia.edu/21893085/MANUAL_PARA_DISE%C3%91O_DE_L%C3%8DNEAS_DE_TRANSMISI%C3%93N_AEREAS
- Roustaiyan, C. M. (2007). *Manual de procedimiento para la ingenieria de iluminació de interiores y areas deportivas*. Obtenido de <http://159.90.80.55/tesis/000133646.pdf>

Saveiro, I. J. (2012). *NATSIM Empresa Electrica de Guayaquil*. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/>

Schneider, E. (2014). *Distribución terminal - Schneider Electric*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/de/cap1.pdf>

Uncategorized. (s.f.). *Teoría del Color*. Obtenido de <https://teoriadelcolorymas.wordpress.com/2013/11/02/una-mas/>

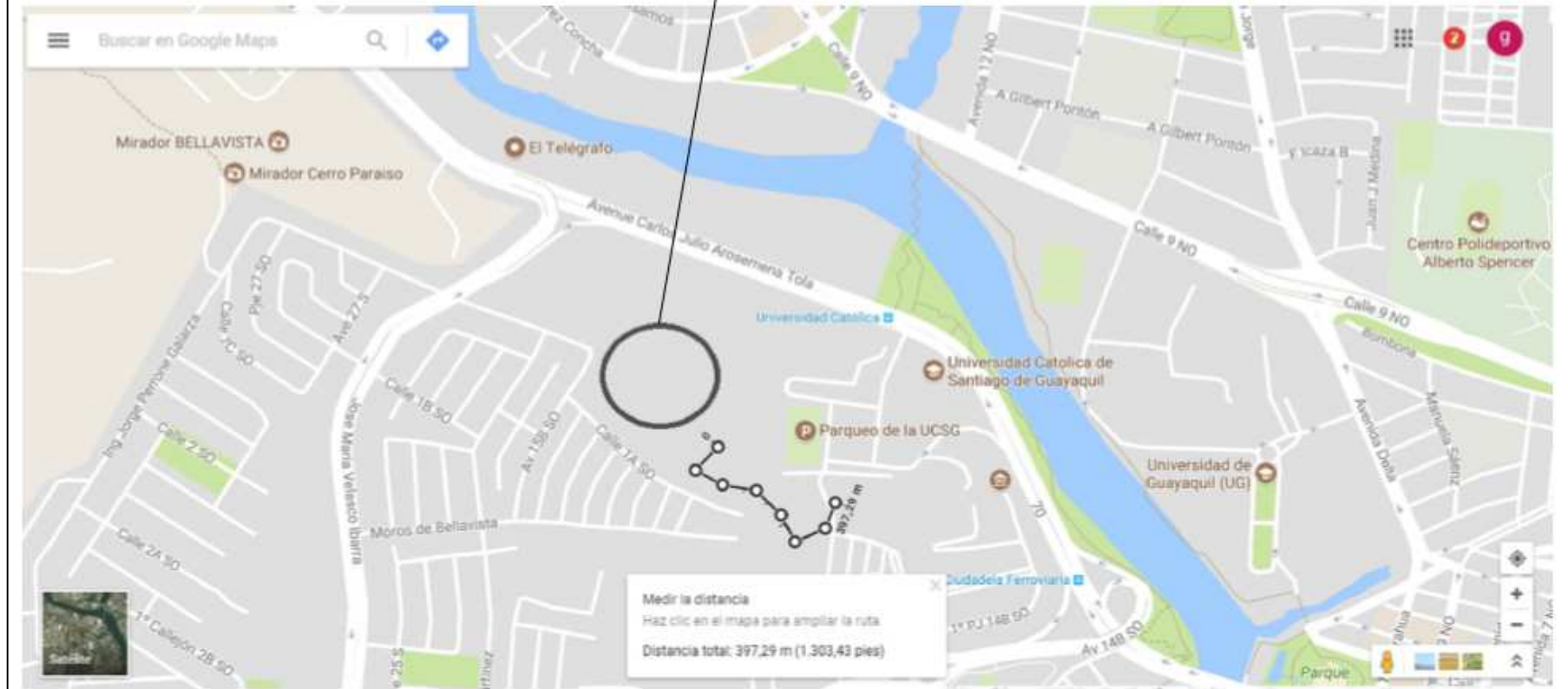
ANEXOS

CAMPO DE FÚTBOL UCSG



PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO DEL CAMPO DE FÚTBOL DE LA UCSG		
EMPLAZAMIENTO		UNIDAD
PROYECTO	ANEXO 1*	GERARDO RAMÓN ESTEVES ESPINOZA

CAMPO DE FÚTBOL UCSG



Medir la distancia
 Haz clic en el mapa para ampliar la ruta
 Distancia total: 397.29 m (1.303.43 pies)

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO DEL CAMPO DE FÚTBOL DE LA UCSG	
PLANO DE SITUACIÓN DEL CAMPO DE FÚTBOL	AUTOR: GERARDO RAMÓN ESTEVES ESPINOZA
FECHA: ANEXO 2 ^o	



PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALLUMBRADO DEL CAMPO DE FÚTBOL DE LA UCSG	
PUNTO: TRAYECTORIA DE LA EXTENSION DE RED MIT	DISEÑO: GERARDO RAMON ESTEVES ESPINOZA
TÍTULO: ANEXO 3°	

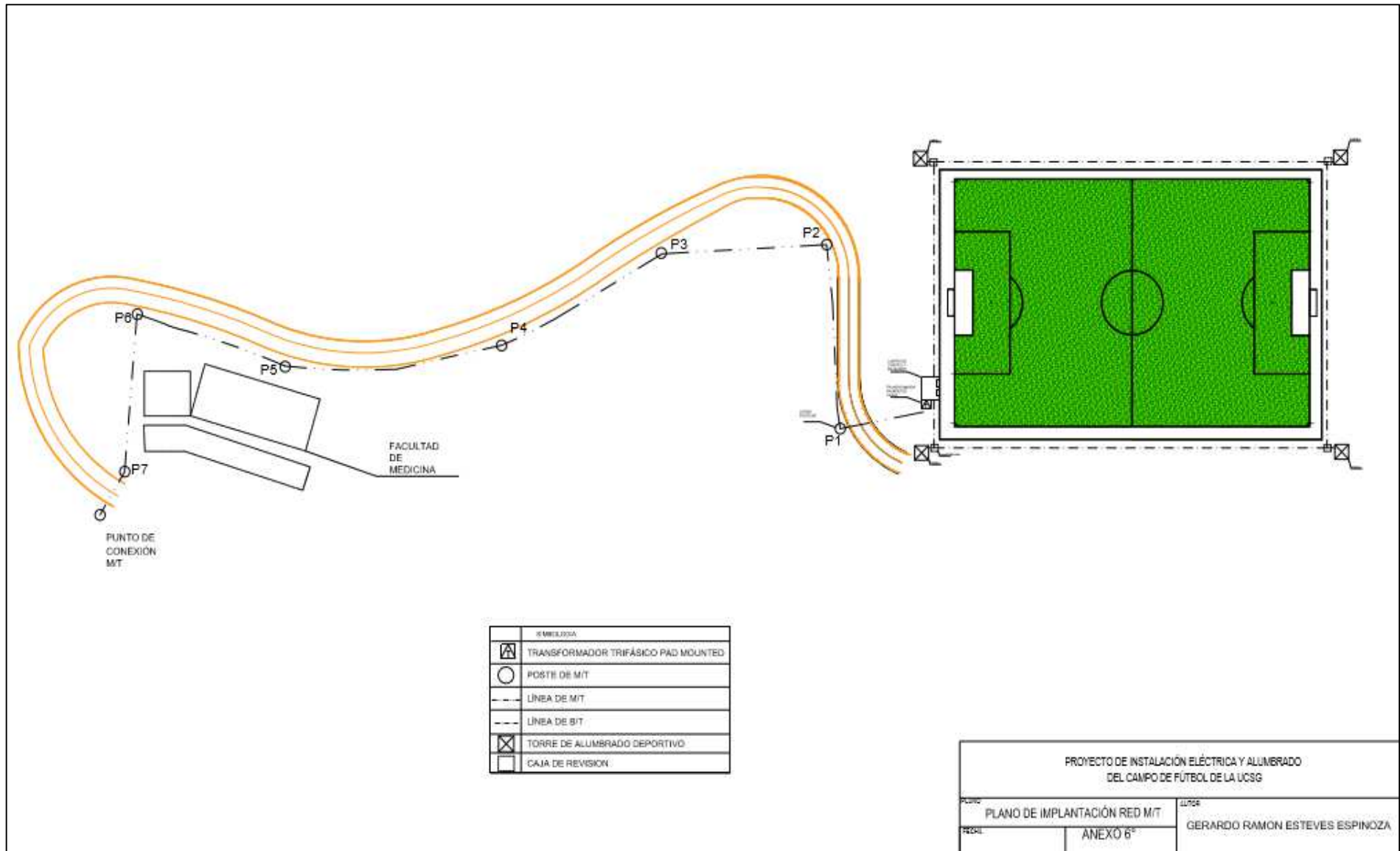
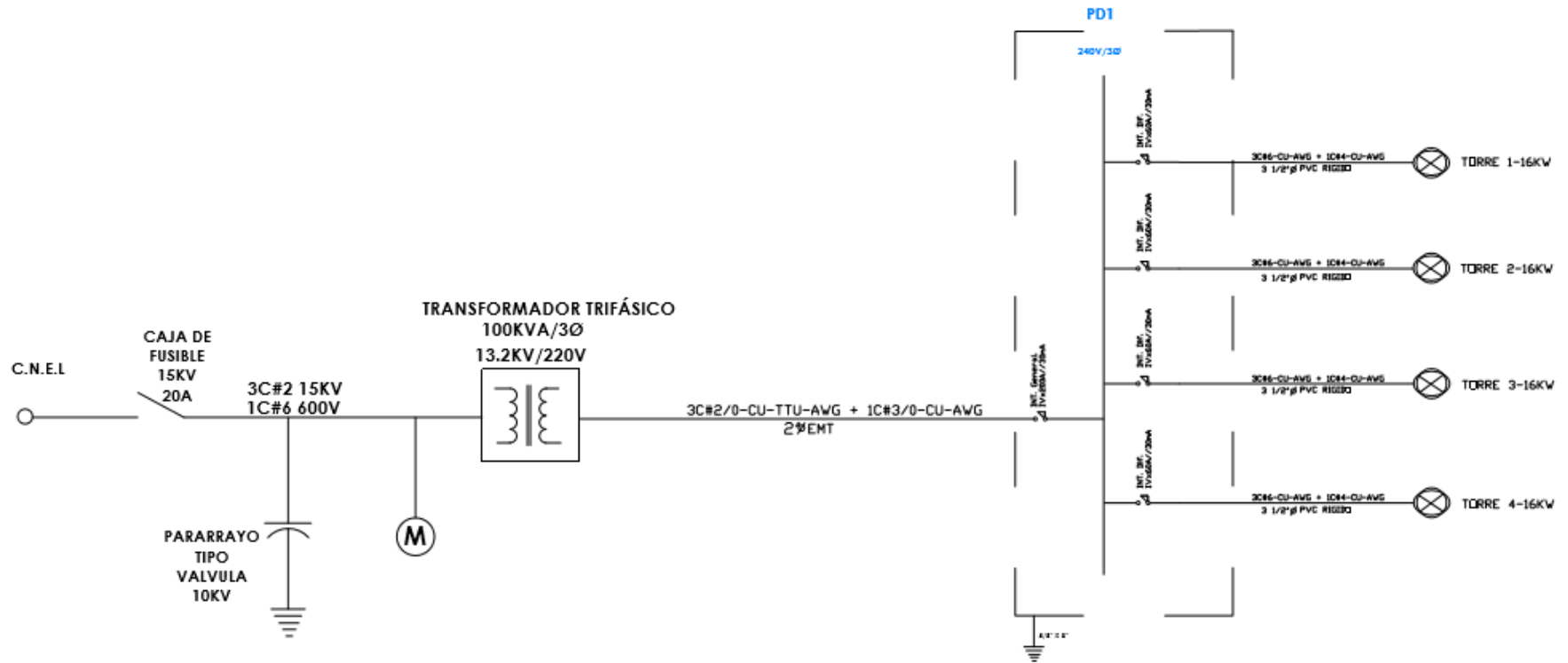
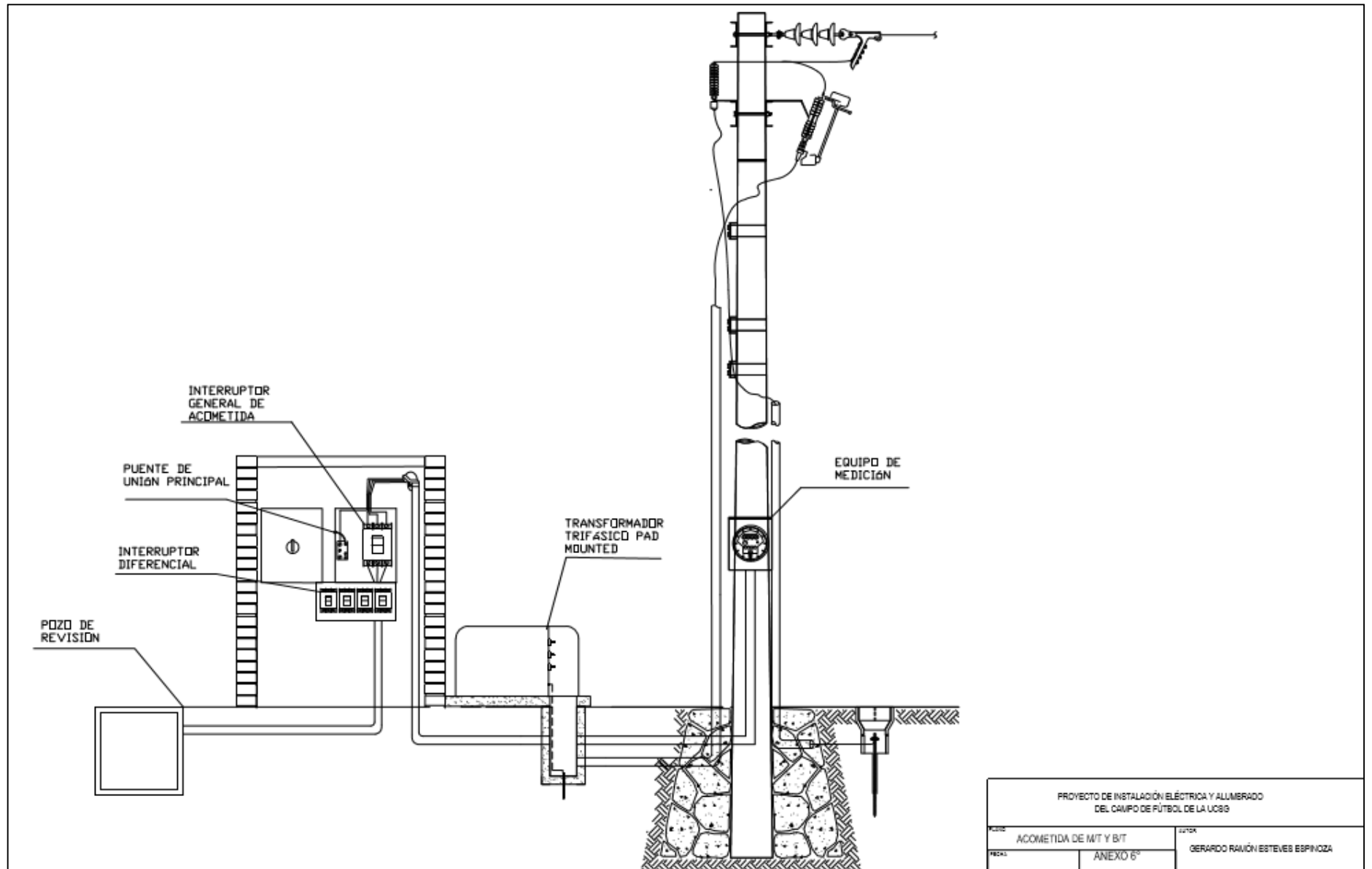


DIAGRAMA UNIFILAR



SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO
	MEDIDOR TRIFÁSICO
	PARARRAYOS
	BARRA DE COOPERWELD
	BREAKER
	PROYECTORES
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO DEL CAMPO DE FÚTBOL DE LA UCSG		
PLANO	DIAGRAMA UNIFILAR	AUTOR GERARDO RAMON ESTEVES ESPINOZA
FECHA	ANEXO 5°	



ANEXO 7

VALORES DE ILUMINACION PARA APLICACIONES DEPORTIVAS EXTERIORES

Outdoor Applications									
SPORT	Lighted Area	Class of Play	Horizontal		Vertical		Uniformity		Section
			Lux	fc	Lux	fc	CV	Max:/Min	
Archery	Shooting Line	III	100	10			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.4
	Target @ 30.4m (100')				300	30			
	Target @ 91.4m (300')				500	50			
	Shooting Line	IV	100	10			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Target @ 30.4m (100')				200	20			
Target @ 91.4m (300')					300	30			
Baseball & Softball	Infield	I	1500	150			0.07 or Less	1.2:1 or Less	6.5
	Outfield		1000	100			0.13 or Less	1.7:1 or Less	
	Infield	II	1000	100			0.10 or Less	1.5:1 or Less	
	Outfield		700	70			0.17 or Less	2:1 or Less	
	Infield	III	500	50			0.17 or Less	2:1 or Less	
	Outfield		300	30			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
	Infield	IV	300	30			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
Outfield	200		20			0.25 or Less	3:1 or Less		
Basketball		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	6.6
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Bicycle Racing	Track*	III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	6.7
	Final 100' & Finish*		500	50					
	Track*	IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
	Final 100' & Finish*		300	30					
Dog Racing*			300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	6.8
Drag Racing	Area 1*	I	200	20			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.9
	Area 2*		300	30			0.13 or Less	1.7:1 or Less	
	Area 3A*		250	25			0.13 or Less	1.7:1 or Less	
	Area 3B*		200	20			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
	Area 4*		100	10			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Area 1*	II	100	10			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Area 2*		200	20			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
	Area 3A*		150	15					
	Area 3B*		100	10			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Area 4*		50	5					
Field Hockey		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.10
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Football		I	1000	100			0.13 or Less	1.7:1 or Less	6.11
		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Golf Course	Teo Boxes*		50	5			0.25 or Less	3:1 or Less	6.12
	Fairways*		30	3			0.35 or Less	5.7:1 or Less	
	Greens*		50	5			0.25 or Less	3:1 or Less	
Golf: Driving Ranges	Teo Boxes*		200	20			0.25 or Less	3:1 or Less	6.13
	At 183m (600')				100	10	0.25 or Less	3:1 or Less	
Handball, Racquetball and Squash		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	6.14
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Horse Racing	Track		500	50			0.25 or Less	3:1 or Less	6.15
	Home Stretch		1000	100			0.13 or Less	1.7:1 or Less	
	Finish Line				700	70			
Ice/Roller Hockey*		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.16
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Ice Skating (Speed*)		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	6.17
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	

SPORT	Lighted Area	Class of Play	Horizontal		Vertical		Uniformity		Section
			Lux	fc	Lux	fc	CV	Max:Min	
Lacrosse		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.18
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Motor Racing	Track	II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.19
	Finish Line		750	75					
	Track	III	200	20			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Finish Line		500	50					
Platform Tennis		II	500	50			0.17 or Less	2:1 or Less	6.20
		III	300	30					
		IV	200	20					
Rifle/Pistol Ranges	Shooting Line Target	III	100	10	500	50	0.17 or Less	2:1 or Less	6.21
Rodeo And Animal Shows		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.22
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
Skeet And Trap Shooting	Shooting Line	III	100	10			0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.23
	Target @ 18.3m (50')				300	30			
	Target @ 30.5m (100')				400	40			
	Shooting Line	IV	100	10			0.25 or Less	3:1 or Less	
	Target @ 18.3m (50')				200	20			
Target @ 30.5m (100')				200	20				
Skating			5	0.5	2	0.2	No Criteria	6.24	
Soccer		I	750	75			0.13 or less	1.7:1 or less	6.25
		II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	200	20			0.3 or Less	4:1 or Less	
Softball								6.26	
Swimming (Water Sports)	Luminance of the Pool Surface (Candelas per Square Meter)	I	25				0.21 or Less	2.5:1 or Less	6.27
		II	15				0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	15				0.3 or Less	4:1 or Less	
	Illuminance on Pool Deck	II	500	50			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
		III	300	30			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	300	30			0.3 or Less	4:1 or Less	
Tennis		I	1250	125			0.13 or Less	1.7:1 or Less	6.28
		II	750	75			0.21 or Less	2.5:1 or Less	
		III	500	50			0.25 or Less	3:1 or Less	
		IV	300	30			0.3 or Less	4:1 or Less	

ANEXO 8

PODER REFLECTANTE PARA ALGUNOS COLORES Y MATERIALES

Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

ANEXO 9

APLICACIÓN PRINCIPALES PARA CADA TIPO DE LAMPARA

	Incand. Estándar	Incand. Halóg.	Fluoresc. Estándar	Fluoresc. Compacta	Mercurio alta presión	Haluros metálicos	Sodio alta presión	Sodio baja presión	Luz Mixta
Alumbrado oficinas									
Alumbrado tiendas (gral)									
Alumbrado tiendas (expo)									
Deportes (interiores)									
Industrial									
Autopistas									
Calles									
Zonas residenciales									
Doméstico (seguridad)									
Industrial (seguridad)									
Deportes (exteriores)									
Alumbrado de grandes áreas									
Túneles									
Alumbrado doméstico									

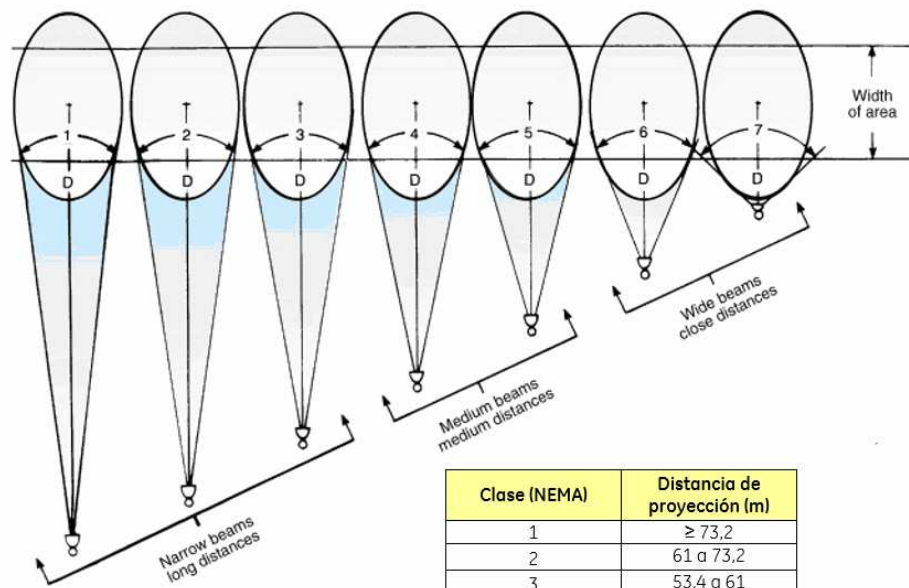
ANEXO 10

CLASIFICACION DE LOS PROYECTORES SEGÚN LA APERTURA DEL HAZ (NEMA) Y LA DISTANCIA DE PROYECCION

Clasificación según la apertura de luz

Clase (NEMA)	Apertura del haz (10% de I _{max})	Descripción
1	10° a 18°	Haz estrecho
2	18° a 29°	
3	29° a 46°	
4	46° a 70°	Haz medio
5	70° a 100°	
6	100° a 130°	Haz ancho
7	> 130°	

Clasificación del proyector de luz según la distancia de proyección



Clase (NEMA)	Distancia de proyección (m)
1	≥ 73,2
2	61 a 73,2
3	53,4 a 61
4	44,2 a 53,4
5	32 a 44,2
6	24,4 a 32
7	≤ 24,4

ANEXO 11

DIMENSIONES GENERALES DE CAMPOS POSTES Y SETBACK PARA FUTBOL

Design Illuminance (maintained) ^{2,4,5}	Field Dimensions			Poles			SLS 1500 Watt - Metal Halide														
	Fig.	Pole Setback	Field Size	Total	Qty. H & Height			Qty. / Pole						Beam / Qty.							
					4-P	6-P	8-P	P1,P3		P1,P4		P2,P3		2			3		4		5	6	Total
SLS 1500 WATT - HORIZONTAL LAMP (METAL HALIDE)																					
CLASS IV 20 FC (200 lx)	S1	20'	360' X 225'	4	60'	-	-	00SC40	8	-	-	-	-	-	-	-	8	20	4	-	32
	S1	30'	360' X 225'	4	60'	-	-	85C12	9	-	-	-	-	-	-	-	-	32	4	-	36
	S2	20'	360' X 225'	6	-	55'	-	00SC42	-	5	6	-	-	-	-	-	-	20	12	-	32
	S2	30'	360' X 225'	6	-	60'	-	85C14	-	6	6	-	-	-	-	-	-	20	16	-	36
CLASS III 30FC (300 lx)	S1	20'	360' X 225'	4	60'	-	-	00SC44	12	-	-	-	-	-	-	-	12	32	4	-	48
	S1	30'	360' X 225'	4	60'	-	-	00SC38	13	-	-	-	-	-	-	-	-	16	32	4	52
	S1	50'	360' X 225'	4	70'	-	-	85C16	13	-	-	-	-	-	-	-	-	40	12	-	52
	S2	20'	360' X 225'	6	-	60'	-	00SC46	-	8	10	-	-	-	-	-	-	36	16	-	52
CLASS II 50FC (500 lx)	S2	30'	360' X 225'	6	-	60'	-	01SC18	-	8	10	-	-	-	-	-	-	40	12	-	52
	S1	30'	360' X 225'	4	70'	-	-	00SC30	20	-	-	-	-	-	-	-	52	24	4	-	80
	S1	50'	360' X 225'	4	70'	-	-	85C20	21	-	-	-	-	-	-	-	68	16	-	-	84
	S1	70'	360' X 225'	4	80'	-	-	95C26	22	-	-	-	-	-	-	-	12	72	4	-	88
	S2	30'	360' X 225'	6	-	60'	-	01SC28	-	12	15	-	-	-	-	-	26	36	16	-	78
	S2	50'	360' X 225'	6	-	70'	-	00SC32	-	14	15	-	-	-	-	-	54	24	8	-	86
CLASS I 75FC (750 lx)	S4	corner	360' X 225'	4	80'	-	-	00SC34	22	-	-	-	-	-	-	-	24	52	12	-	88
	S4	corner	360' X 225'	4	90'	-	-	00SC36	32	-	-	-	-	-	-	-	48	68	12	-	128

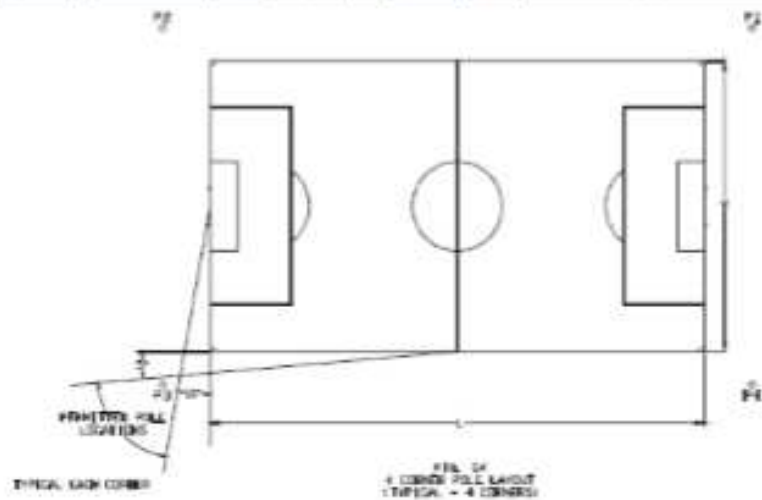


FIGURE S4

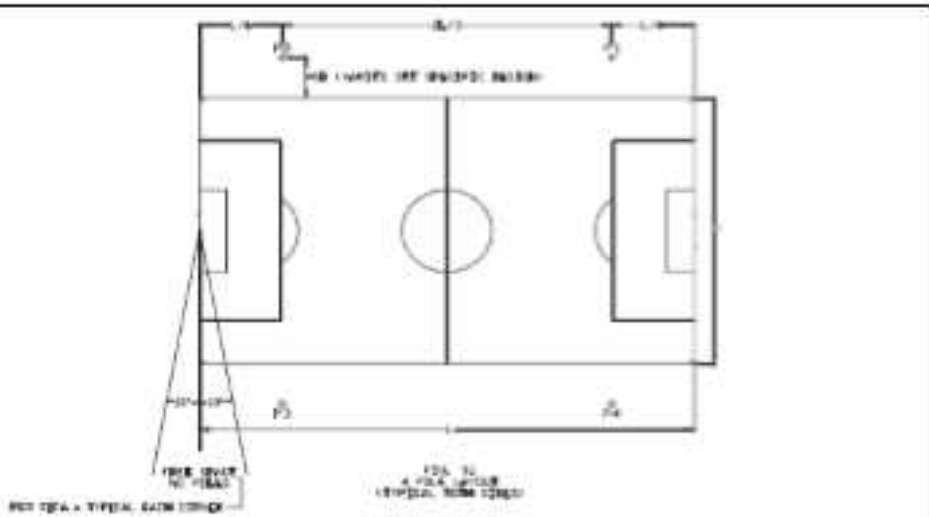


FIGURE S1

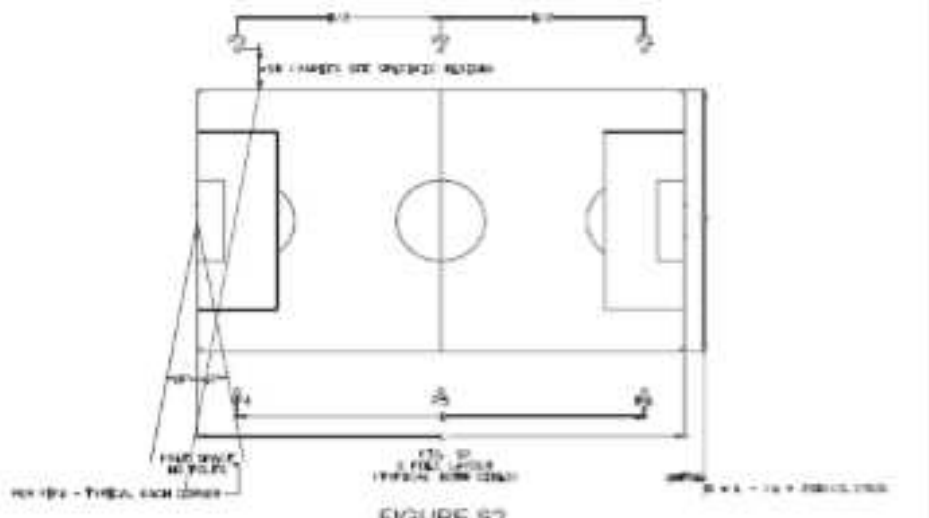


FIGURE S2

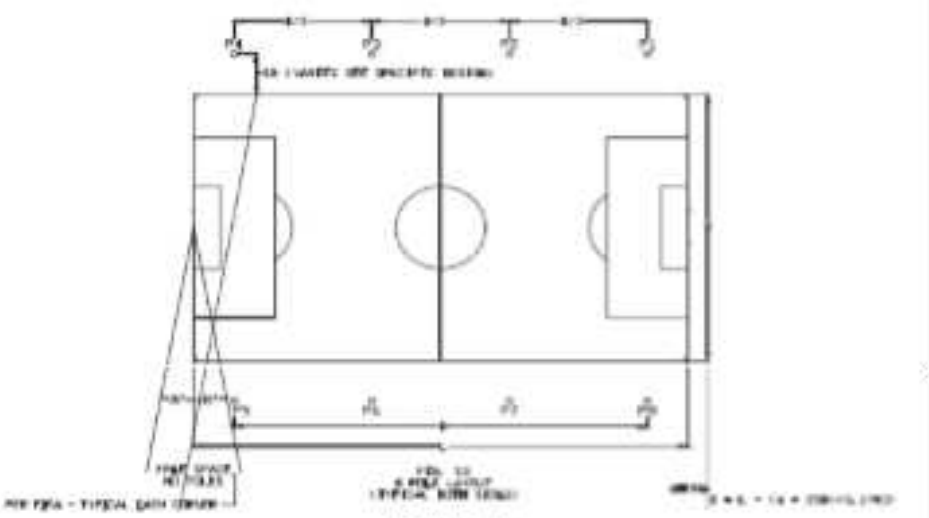


FIGURE S3

ANEXO 12

CARACTERÍSTICAS DE LA LUMINARIA



PROYECTOR POTENTE PARA LA ILUMINACIÓN DE ESTADIOS

CON UNA FOTOMETRÍA DE ELEVADA INTENSIDAD DE PICO, STADIALUX ES EL PROYECTOR IDEAL PARA ILUMINAR ESTADIOS DE MÁXIMA CATEGORÍA.

Stadialux fue diseñado para grandes estadios en los que se requiere una iluminación de la mejor calidad y un excelente control de los deslumbramientos. Gracias al diseño optimizado de los reflectores, Stadialux puede instalarse a alturas muy elevadas para proporcionar una iluminación de calidad, caracterizada por una elevada intensidad de pico, altos niveles de luminancia y una uniformidad excelente. Es la herramienta perfecta para estadios de primer nivel en los que tienen lugar eventos deportivos de máxima importancia.

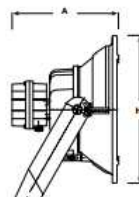
CARACTERÍSTICAS

Altura de instalación	Hasta 45 m	
Rango de potencia y fuente	1.000 a 2.000 W halogenuros metálicos	
Grado de hermeticidad	IP 65 ¹⁾	
Tensión nominal	1.000 W 220V - 50 Hz	2.000 W 220V-400V-50 Hz
Clase eléctrica	I ²⁾	
Peso (sin auxiliares)	13,3 kg	
MATERIALES		
Carcasa	Aluminio inyectado	
Protector	Vidrio	
Color	Gris claro perlado RAL 9022	

¹⁾según IEC - EN 60598 | ²⁾según IEC - EN 62262

DIMENSIONES

L	425 mm
H	535 mm
Ø	500 mm
A	435 mm



»»VENTAJAS CLAVE

- Iluminación de alta intensidad
- Diseñado para funcionar con lámparas de halogenuros metálicos de 1.000 o 2.000 W
- Haz intensivo, intermedio y extensivo
- Excelente disipación del calor
- Reencendido instantáneo (opcional)
- Vidrio de seguridad muy resistente a las temperaturas y los impactos
- Rejilla de protección de alambre de acero inoxidable
- Todas las piezas se someten a un tratamiento anticorrosivo

ANEXO 13

Tabla 310-16. Intensidad máxima permanente admisible de conductores aislados para 0 a 2,000 Voltios nominales y 60 °C a 90 °C (140 °F a 194 °F)
No más de tres conductores en tensión en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura de ambiente de 30 °C (86°F)

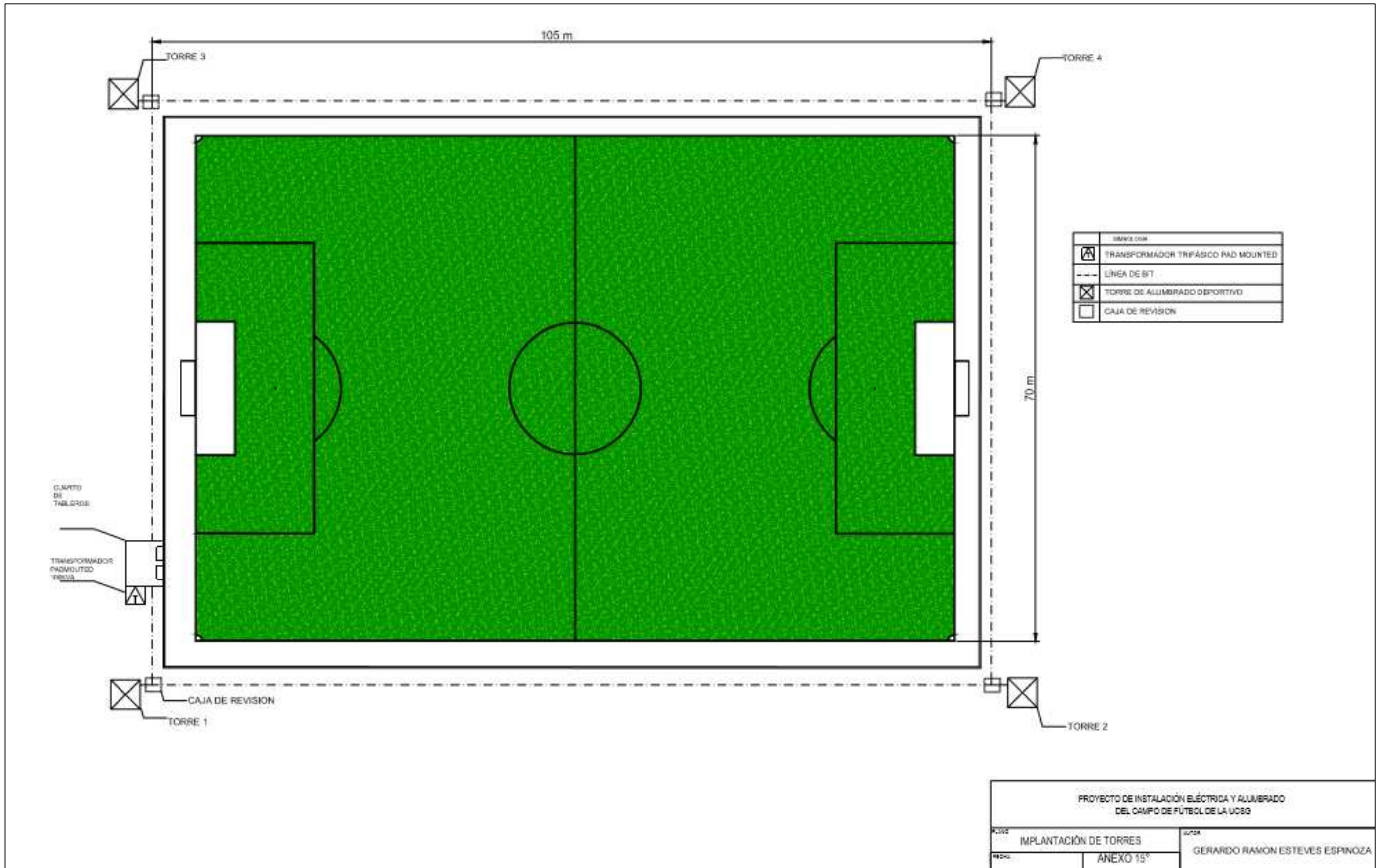
Sección	Temperatura nominal del conductor (véase Cuadro 310-13)						Sección
	60 °C (140 F)	75 °C (167 F)	80 °C (184 F)	80 °C (140 F)	75 °C (167 F)	80 °C (184 F)	
	Tipos TW*, UF*	Tipos FEPW*,RHW*, RHH*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TB3, 8A, 813, FEP*, FEPB*,NI RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RHW*, RHH*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TB3, 8A, 813, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, RHH*, RHW-2, USE-2,XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	
Cobre			Aluminio o Aluminio recubierto de cobre				
18	...	...	14	...	...	...	...
16	...	...	18	...	...	...	...
14	20*	20*	25	...	...	...	...
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	660	735	455	545	615	1750
2000	560	685	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCION							
Temperatura Ambiente en °C	Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C (88 °F), multiplique las anteriores intensidades por el correspondiente factor de los siguientes:						Temperatura Ambiente en °F
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	...	0.58	0.71	...	0.58	0.71	132-140
61-70	...	0.33	0.58	...	0.35	0.58	141-158
71-80	...	...	0.41	...	...	0.41	159-176

* Si no se permite otra cosa específicamente en otro lugar de este Código, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no debe superar los 15 Amperios para el número 14; 20 Amperios para el número 12 y 30 Amperios para el número 10, todos de cobre; o 15 Amperios para el número 12 y 25 Amperios para el número 10 de aluminio y aluminio recubierto de cobre, una vez aplicados todos los factores de corrección por la temperatura ambiente y el número de conductores.

ANEXO 14







Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, ESTEVES ESPINOZA GERARDO RAMON con C.C: # 0704679604 autor del trabajo de titulación: **Proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de fútbol de la UCSG** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 20 del mes septiembre de 2017

f. _____

Esteves Espinoza Gerardo Ramon
C.C: 0704679604



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ILUMINACIÓN DEL CAMPO DE FÚTBOL DE LA UCSG		
AUTOR(ES)	ESTEVEZ ESPINOZA, GERARDO RAMÓN		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.SC		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD:	FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO		
CARRERA:	INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICO		
TÍTULO OBTENIDO:	INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 DE SEPTIEMBRE Del 2017	No. DE PÁGINAS:	119
ÁREAS TEMÁTICAS:	DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA E ILUMINACIÓN		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	INSTALACIÓN ELÉCTRICA, SISTEMA DE ALUMBRADO, LÁMPARA, LUMINARIA, LUMINANCIA, CAMPO DE FUTBOL.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El presente proyecto titulado “PROYECTO DE INTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE ILUMINACIÓN DEL CAMPO DE FUTBOL DE LA UCSG”, tiene la finalidad de aportar a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, un estudio en luminotecnía para una posible adecuación de un alumbrado óptimo y eficaz para el nuevo campo ubicado en la parte posterior-superior de la Facultad de Medicina. Adicionalmente el campo de futbol no cuenta con una instalación eléctrica para acometer desde la red de M/T, es decir, el proyecto de alumbrado va de la mano con un diseño de circuito eléctrico para la instalación del mismo y un diseño de una extensión de la red de M/T desde el ultimo poste más cercano al sector del campo de futbol, que está ubicado en la parte posterior del coliseo de la universidad. El proyecto ayudara no solo a mejorar la calidad del campo de futbol de la UCSG, sino también al crecimiento practico de los deportistas y al avance de la UCSG como una institución en constante renovación			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-983385733	E-mail: tego80_8@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: (04) 2 20933 ext 2007		
	E-mail: Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec/ute@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			