



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional De Loja

**Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no  
Renovables**

**Carrera de Ingeniería Electromecánica**

**Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga  
Deportiva Cantonal de Catamayo**

**Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico**

**AUTOR:**

Marlon Polivio Lamas Tamayo

**DIRECTOR:**

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.

Loja – Ecuador  
2023

**Certificación:**

Loja, 01 de septiembre de 2022

Ing. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Marlon Polivio Lamas Tamayo** , con **cédula de identidad Nro.1104129893** , una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**JORGE ENRIQUE  
CARRION  
GONZALEZ**

.....  
Ing. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo **Marlon Polivio Lamas Tamayo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.



**Firma:** .....

**Cédula:** 1104129893

**Fecha:** 16 de enero del 2023

**Correo electrónico institucional:** [marlon.lamas@unl.edu.ec](mailto:marlon.lamas@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0994798139

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo **Marlon Polivio Lamas Tamayo**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo**, como requisito para optar el título de: **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de enero del dos mil veintitrés.



**Firma:** .....

**Autor:** Marlon Polivio Lamas Tamayo

**C.I:** 1104129893

**Dirección:** Catamayo (Barrio La Merced).

**Correo electrónico:** [marlon.lamas@unl.edu.ec](mailto:marlon.lamas@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0994798139

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del trabajo de titulación tesis:** Ing. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

## **Dedicatoria**

El presente Trabajo de Titulación dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme concluir uno de mis propósitos más importantes de mi formación profesional.

A mi padre Polivio, que desde el cielo me ilumina, que, a pesar de nuestra distancia física, siento que siempre me acompaña en cada uno de mis días y sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi madre Georgina que, con su amor infinito y su apoyo incondicional, han impulsado a que hoy me convierta en un profesional.

A mi hermana Paola, que me ha ayudado en los momentos difíciles y se ha convertido en un ejemplo para mí.

A mis amigos con quienes me he formado a lo largo de la carrera universitaria, por compartir sus conocimientos y demostrarme el significado de la verdadera amistad.

***El Autor.***

## **Agradecimiento**

Expreso mi total gratitud a Dios, por haberme bendecido con una gran familia y haber depositado en mí las capacidades y conocimientos para concluir mi formación universitaria.

Con mucho orgullo doy las gracias a mi familia paterna y materna por confiar y creer en mí. A mis padres, mi hermana y a mi esposa por siempre anhelar lo mejor para mi vida, por sus consejos y palabras que me levantaron el ánimo.

Con respeto y admiración, agradezco a mi director de Trabajo de Titulación el Ingeniero Jorge Enrique Carrión González, por haberme permitido formar parte de su grupo de tesis, por su ayuda y toda su paciencia durante el desarrollo de mi proyecto de tesis, así mismo por depositar su confianza y convertirse en un amigo más.

Por último, agradezco a la Universidad Nacional de Loja, de manera especial a los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por haber compartido sus conocimientos, experiencias y consejos para la vida profesional y personal.

***El Autor.***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de tablas: .....	xii
Índice de figuras: .....	xiii
Índice de anexos: .....	xvi
Índice de simbología y acrónimos: .....	xvii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	7
4.1. Fotometría de Luminarias de Escenarios Deportivos .....	7
4.1.1. Curvas fotométricas .....	7
4.1.1.1. Importancia de las curvas fotométricas.....	7
4.1.1.2. Representación de curvas fotométricas.....	7
4.1.2. Tipos de luminarias de escenarios deportivos.....	11
4.1.2.1. Lámparas de vapor de mercurio de alta presión. ....	11
4.1.2.2. Lámparas de vapor de sodio de alta presión. ....	13
4.1.2.3. Lámparas de haluros metálicos. ....	14
4.1.2.4. Lámparas led. ....	15
4.2. Normativas para Alumbrado de Escenarios Deportivos.....	18

4.2.1. Norma española de iluminación de instalaciones deportivas UNE-EN 12193 .....	19
4.2.2. Normativa de la federación internacional de fútbol asociado (FIFA).....	19
4.2.2.1. Generalidades.....	19
4.2.2.2. Categoría de competiciones. ....	20
4.2.2.3. Altura de montaje de los aparatos de alumbrado – clase IV y clase V. ....	21
4.2.2.4. Ángulos visuales de los jugadores y de la transmisión.....	22
4.2.2.5. Control de sombras (direccionamiento multizona).....	23
4.2.2.6. Planificación de las instalaciones (eventos no televisados).....	24
4.2.2.7. Especificaciones y tecnología para el diseño de la iluminación. ....	25
4.2.2.8. Especificaciones de iluminación para eventos televisados. ....	27
4.2.2.9. Especificaciones para la iluminación de eventos no televisados. ....	28
4.2.2.10. Impacto ambiental. ....	29
4.3. Métodos de Cálculo de Alumbrado de Escenarios Deportivos .....	30
4.3.1. Magnitudes luminosas.....	30
4.3.1.1. Flujo luminoso. ....	30
4.3.1.2. Eficacia luminosa.....	31
4.3.1.3. Cantidad de luz. ....	32
4.3.1.4. Intensidad luminosa. ....	32
4.3.1.5. Iluminancia (nivel de iluminación).....	33
4.3.1.6. Luminancia. ....	34
4.3.2. Métodos para el cálculo del número de luminarias.....	35
4.3.2.1. Método del punto por punto.....	35
4.3.2.2. Método de lúmenes. ....	35
4.3.2.3. Coeficiente de utilización del haz (fu).....	35



4.3.2.4. Número de luminarias (Nlum).....	36
4.3.2.5. Iluminancia media (Em). .....	37
4.4. Normativas para la Construcción de Redes Eléctricas de MT y BT.....	37
4.4.1. Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales (EERSSA) .....	37
4.4.1.1. Transformadores. ....	37
4.4.1.2. Nivel de aislamiento. ....	39
4.4.1.3. Caída de tensión admisible para red primaria. ....	40
4.4.1.4. Caída de tensión admisible para red secundaria. ....	40
4.4.2. Homologación de las unidades de propiedad (UP) en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas.....	40
4.4.2.1. Cables.....	40
4.4.2.2. Banco de ductos. ....	42
4.4.2.3. Pozos .....	47
4.4.2.4. Cámaras eléctricas.....	52
4.4.2.5. Interruptores para redes subterráneas.....	54
4.4.2.6. Transición de red aérea a subterránea .....	55
4.4.2.7. Sistema de puesta a tierra para centros de transformación. ....	57
4.4.3. Norma francesa NF C 17-102 – protección contra el rayo .....	58
4.4.3.1. Evaluación del riesgo de impacto de un rayo. ....	58
4.4.4. Puesta a tierra - Norma IEEE 80 – 2000 .....	61
4.4.4.1. Método de cálculo de la puesta a tierra – Norma IEEE 80 – 2000. ....	61
4.5. Software Dialux Evo ®.....	65
4.5.1. Herramientas del Software DIALux evo ®.....	65
4.5.2. Configuración del software DIALux evo ® para simular el diseño lumínico de escenarios deportivos .....	71

4.6.	Torres para el Montaje de Alumbrado de Escenarios Deportivos .....	73
4.6.1.	Tipos de torres.....	73
4.6.1.1.	Torres de hormigón.....	73
4.6.1.2.	Torres metálicas.....	73
4.6.1.3.	Torres de plástico.....	73
4.6.2.	Cálculo de cargas por viento .....	73
4.6.2.1.	Velocidad instantánea máxima del viento. ....	73
4.6.2.2.	Velocidad corregida del viento. ....	73
4.6.2.3.	Cálculo de la presión del viento.....	74
<b>5.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>76</b>
5.1.	Materiales.....	76
5.2.	Métodos.....	76
<b>6.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>78</b>
6.1.	Cálculo Luminotécnico.....	78
6.2.	Selección del Sistema de Torres .....	80
6.3.	Simulación del Sistema de Iluminación.....	85
6.4.	Diseño y Dimensionamiento del Sistema de Distribución Eléctrico .....	88
6.4.1.	Consideraciones generales .....	88
6.4.2.	Red de media tensión .....	88
6.4.3.	Transformador.....	90
6.4.4.	Protección y seccionamiento.....	91
6.4.5.	Puestas a tierra.....	91
6.4.5.1.	Puesta a tierra del transformador. ....	91
6.4.5.2.	Puesta a tierra de la transición aérea a subterránea.....	92
6.4.5.3.	Puesta a tierra de los tableros TGM y TDP .....	92

6.4.5.4. Puesta a tierra de la red de distribución subterránea .....	92
6.4.5.5. Pararrayos de las torres de iluminación. ....	92
6.4.5.6. Puesta a tierra de luminarias LED.....	94
6.4.6. Transición de la red aérea a subterránea .....	97
6.5. Selección de Conductores .....	98
6.5.1. Conductores para la red de media tensión (MT) .....	98
6.5.2. Conductores para la red de baja tensión (BT) .....	98
6.6. Obra Civil.....	99
6.6.1. Banco de ductos .....	99
6.6.2. Pozos .....	99
6.7. Análisis Técnico Económico de la Implementación del Sistema de Iluminación .....	100
<b>7. Discusión.....</b>	<b>103</b>
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>104</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>105</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>106</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>109</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Comparación de los diferentes tipos de lámparas .....	17
<b>Tabla 2.</b> Categoría de competiciones .....	20
<b>Tabla 3.</b> Coeficientes uniformidad lumínica .....	26
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones de iluminación para eventos televisados .....	27
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones de iluminación para eventos no televisados .....	28
<b>Tabla 6.</b> Valores de contaminación lumínica permitida.....	29
<b>Tabla 7.</b> Índice del local calculado por medio de la relación del local .....	36
<b>Tabla 8.</b> Cálculo general del factor de utilización de una luminaria .....	36
<b>Tabla 9.</b> Factor de sobrecarga.....	38
<b>Tabla 10.</b> Nivel de aislamiento.....	39
<b>Tabla 11.</b> Características principales de los conductores con aislamiento nivel 100% .....	41
<b>Tabla 12.</b> Características principales de los conductores para redes de BV .....	42
<b>Tabla 13.</b> Ductos y tubería metálica a emplear en las canalizaciones y transiciones.....	45
<b>Tabla 14.</b> Disposición de ductos.....	46
<b>Tabla 15.</b> Tipos de pozos y dimensiones interiores.....	47
<b>Tabla 16.</b> Dimensiones interiores mínimas de las cámaras eléctricas con transformadores de 250 hasta 800 KVA .....	53
<b>Tabla 17.</b> Dimensiones interiores mínimas de las cámaras eléctricas con transformadores menores de 250 KVA.....	54
<b>Tabla 18.</b> Especificaciones particulares de interruptores de distribución subterránea.....	54
<b>Tabla 19.</b> Coeficiente relacionado con el entorno C1 .....	59
<b>Tabla 20.</b> Coeficiente de estructura C2 .....	59
<b>Tabla 21.</b> Contenido de la estructura C3 .....	60
<b>Tabla 22.</b> Ocupación de la estructura C4 .....	60
<b>Tabla 23.</b> Consecuencias sobre el entorno C5.....	60
<b>Tabla 24.</b> Niveles de protección .....	61
<b>Tabla 25.</b> Rango de resistividades de los suelos .....	61
<b>Tabla 26.</b> Geometría de la malla de puesta a tierra .....	63
<b>Tabla 27.</b> Valores máximos de resistencia de puesta a tierra .....	64

<b>Tabla 28.</b> Coeficiente de corrección, $\sigma$ .....	73
<b>Tabla 29.</b> Coeficiente de entorno/ altura $C_e$ .....	75
<b>Tabla 30.</b> Factor de forma, $C_f$ .....	75
<b>Tabla 31.</b> Resultados de la presión del viento sobre las torres.....	81
<b>Tabla 32.</b> Datos de las torres a emplear para el sistema de iluminación .....	82
<b>Tabla 33.</b> Cargas puntuales sobre las torres de iluminación .....	83
<b>Tabla 34.</b> Valores de los esfuerzos cortantes en cada sección .....	83
<b>Tabla 35.</b> Valores de los momentos flectores en cada una de las secciones .....	84
<b>Tabla 36.</b> Resultados de esfuerzos y factor de seguridad.....	85
<b>Tabla 37.</b> Cálculo de la demanda y selección del transformador.....	90
<b>Tabla 38.</b> Elementos de protección .....	91
<b>Tabla 39.</b> Datos de resistividad del terreno del estadio .....	95
<b>Tabla 40.</b> Conductor en MT .....	98
<b>Tabla 41.</b> Conductores en BT.....	98
<b>Tabla 42.</b> Características y cantidad de pozos.....	100
<b>Tabla 43.</b> Resumen del Análisis de Precios Unitarios (APU).....	100

**Índice de figuras:**

<b>Figura 1.</b> Vista Satelital del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo.....	6
<b>Figura 2.</b> Curva fotométrica de una luminaria con distribución luminosa simétrica.....	8
<b>Figura 3.</b> Curva fotométrica de una luminaria con distribución luminosa bisimétrica.....	9
<b>Figura 4.</b> Alcance luminoso de una luminaria de alumbrado público.....	9
<b>Figura 5</b> Curvas isocandelas.....	10
<b>Figura 6.</b> Curvas Isolux.....	11
<b>Figura 7.</b> Partes de una lámpara de vapor de mercurio a alta presión.....	12
<b>Figura 8.</b> Partes de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.....	13
<b>Figura 9.</b> Partes de una lámpara de haluros metálicos.....	14
<b>Figura 10.</b> Partes de una lámpara LED.....	15
<b>Figura 11.</b> Altura de montaje de los aparatos de alumbrado.....	21
<b>Figura 12.</b> Ángulos visuales de los jugadores y la transmisión.....	22

<b>Figura 13.</b> Direccionamiento de la luz en eventos internacionales (Clase V).....	23
<b>Figura 14.</b> Direccionamiento de la luz en eventos nacionales (Clase IV).....	24
<b>Figura 15.</b> Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase III.....	24
<b>Figura 16.</b> Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase II.....	25
<b>Figura 17.</b> Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase I.....	25
<b>Figura 18.</b> Contaminación lumínica permitida.....	30
<b>Figura 19.</b> Flujo luminoso.....	31
<b>Figura 20.</b> Eficacia luminosa.....	31
<b>Figura 21.</b> Intensidad luminosa.....	32
<b>Figura 22.</b> Iluminancia o nivel de iluminación.....	33
<b>Figura 23.</b> Luminancia.....	34
<b>Figura 24.</b> Partes de un conductor para redes de MV.....	41
<b>Figura 25.</b> Separadores de ductos.....	42
<b>Figura 26.</b> Cintas de señalización.....	44
<b>Figura 27.</b> Distribución de ductos.....	46
<b>Figura 28.</b> Pozos de instalaciones eléctricas subterráneas.....	47
<b>Figura 29.</b> Tapa de hormigón armado.....	49
<b>Figura 30.</b> Tapa de pozo tipo B.....	49
<b>Figura 31.</b> Tapa y marco del pozo.....	50
<b>Figura 32.</b> Distribución de agujeros para el levantamiento de la tapa.....	50
<b>Figura 33.</b> Tapa de grafito esferoidal.....	51
<b>Figura 34.</b> Soportes.....	52
<b>Figura 35.</b> Herramienta "Proyecto" del Software DIALux evo ®.....	65
<b>Figura 36.</b> Herramienta "Planos" del Software DIALux evo ®.....	66
<b>Figura 37.</b> Herramienta "Construcción" del Software DIALux evo ®.....	66
<b>Figura 38.</b> Herramienta "Aberturas de edificio" del Software DIALux evo ®.....	67
<b>Figura 39.</b> Herramienta "Áreas" del Software DIALux evo ®.....	67
<b>Figura 40.</b> Herramienta "Materiales" del Software DIALux evo ®.....	68
<b>Figura 41.</b> Herramienta "Luminarias" del Software DIALux evo ®.....	69
<b>Figura 42.</b> Catálogos de luminarias del Software DIALux evo ®.....	69
<b>Figura 43.</b> Herramienta "Editar articulaciones" del Software DIALux evo ®.....	70

<b>Figura 44.</b> Herramienta "Objetos de cálculo" del Software DIALux evo ®.....	70
<b>Figura 45.</b> Herramienta "Documentación" del Software DIALux evo ®.....	71
<b>Figura 46.</b> Área para el cálculo lumínico en el Software DIALux evo ®.....	71
<b>Figura 47.</b> Configuración de los valores lumínicos que se deberán cumplir en la simulación mediante el Software DIALux evo ®.....	72
<b>Figura 48.</b> Resultados del cálculo lumínico en el Software DIALux evo ®.....	72
<b>Figura 49.</b> Flujoograma del proceso de desarrollo del proyecto de tesis.....	77
<b>Figura 50.</b> Luminaria AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT.....	78
<b>Figura 51.</b> Distribución de las cargas producidas por el viento.....	82
<b>Figura 52.</b> Cargas puntuales.....	83
<b>Figura 53.</b> Diagrama de esfuerzos cortantes.....	84
<b>Figura 54.</b> Diagrama de momentos flectores.....	84
<b>Figura 55.</b> Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo.....	86
<b>Figura 56.</b> Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo.....	86
<b>Figura 57.</b> Sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo en colores falsos.....	87
<b>Figura 58.</b> Direccionamiento de la luz de las luminarias.....	87
<b>Figura 59.</b> Direccionamiento de la luz en 2D.....	88
<b>Figura 60.</b> Red eléctrica actual.....	89
<b>Figura 61.</b> Mapa Isocerámico del Ecuador.....	93

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Planos Torre de Iluminación .....	110
<b>Anexo 2.</b> Simulación DIALux evo.....	111
<b>Anexo 3.</b> Informe Lumínico DIALux evo.....	112
<b>Anexo 4.</b> Planos MT y BT Actual.....	136
<b>Anexo 5.</b> Planos MT Proyectada.....	137
<b>Anexo 6.</b> Memoria Técnica.....	138
<b>Anexo 7.</b> Cálculo de la Potencia del Transformador.....	161
<b>Anexo 8.</b> Planos Transición Aérea a Subterránea.....	162
<b>Anexo 9.</b> Planos Tendido Eléctrico Sistema de Iluminación.....	163
<b>Anexo 10.</b> Planos Tablero General de Medición (TGM).....	164
<b>Anexo 11.</b> Planos Tablero de Distribución Principal (TDP).....	165
<b>Anexo 12.</b> Diagrama Unifilar, de Fuerza y Control.....	166
<b>Anexo 12.1.</b> Planos Diagrama Unifilar.....	166
<b>Anexo 12.2.</b> Planos Diagramas de Fuerza y Control.....	167
<b>Anexo 13.</b> Caída de Tensión en MT.....	168
<b>Anexo 14.</b> Caída de Tensión en BT.....	169
<b>Anexo 15.</b> Planos Ductos.....	170
<b>Anexo 16.</b> Planos Pozos.....	171
<b>Anexo 17.</b> Análisis de Precios Unitarios (APU).....	172
<b>Anexo 18.</b> Certificación de traducción del resumen.....	203



## Índice de simbología y acrónimos:

<b>H<sub>mín</sub></b>	Altura mínima de las torres, [m]
<b>d</b>	Distancia del centro de la cancha hasta la torre, [m]
<b>H<sub>máx</sub></b>	Altura máxima de las torres, [m]
<b>CV</b>	Coefficiente de variación
<b>UG</b>	Gradiente de uniformidad
<b>T<sub>k</sub></b>	Temperatura de color, [K]
<b>R<sub>a</sub></b>	Índice de reproducción de color
<b>U</b>	Uniformidad
<b>E</b>	Nivel de iluminación, [lux]
<b>Φ</b>	Flujo luminoso, [lm]
<b>Q</b>	Cantidad de luz emitida, [lm x s]
<b>t</b>	Tiempo de duración de la emisión, [s]
<b>η</b>	Eficacia luminosa, [lm/W]
<b>P</b>	Potencia eléctrica consumida por la lámpara, [W]
<b>I</b>	Intensidad luminosa, [cd]
<b>ω</b>	Ángulo sólido, [sr]
<b>L</b>	Luminancia, [Cd/ m <sup>2</sup> ]
<b>β</b>	Ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador, [°]
<b>N<sub>lum</sub></b>	Número de luminarias
<b>E<sub>m</sub></b>	Iluminancia media, [lux]
<b>f<sub>u</sub></b>	Coefficiente de utilización del haz
<b>R<sub>l</sub></b>	Relación del local
<b>A</b>	Ancho del local a iluminar, [m]
<b>L</b>	Largo del lugar a iluminar, [m]
<b>h</b>	Altura de montaje de las torres, [m]
<b>f<sub>m</sub></b>	Factor de mantenimiento
<b>n</b>	Factor de utilización
<b>N</b>	Número de usuarios

<b>FS</b>	Factor de sobrecarga
<b>DMUp</b>	Demanda máxima unitaria proyectada, [kW]
<b>FC</b>	Factor de coincidencia
<b>DMD</b>	Demanda máxima diversificada, [kW]
<b>FP</b>	Factor de potencia
<b>CI</b>	Carga instalada, [kW]
<b>DTD</b>	Demanda total de diseño, [KVA]
<b>Bd</b>	Ancho de la zanja [m]
<b>D</b>	Diámetro exterior del tubo, [cm]
<b>x</b>	Distancia entre la tubería y la pared de la zanja, [cm]
<b>Nc</b>	Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura
<b>Nd</b>	Frecuencia esperada de impactos directos de rayos sobre una estructura
<b><math>\rho_s</math></b>	Rango de Resistividad, [ $\Omega \cdot m$ ]
<b><math>\rho</math></b>	Resistividad del suelo, [ $\Omega \cdot m$ ]
<b>Vp</b>	Tensión tolerable de paso, [V]
<b>tf</b>	Tiempo de despeje de la falla, [s]
<b>Lc</b>	Longitud de conductor horizontal, [m]
<b>M1</b>	Número de conductores a lo largo
<b>M2</b>	Número de conductores a lo ancho
<b>L1</b>	Largo de la malla, [m]
<b>L2</b>	Ancho de la malla, [m]

## **1. Título**

**Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva  
Cantonal de Catamayo**

## 2. Resumen

En el presente trabajo de titulación se efectúa el diseño y dimensionamiento lumínico para el estadio de La Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, el mismo que se realizó de acuerdo a las recomendaciones lumínicas de la Normativa de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).

Se consideró como propuesta de diseño la iluminación mediante tecnología LED, considerando que las luminarias cumplan con las características necesarias de funcionamiento.

Para la simulación del sistema de iluminación se utilizó el software DIALux evo ®, para observar de manera gráfica la puesta en marcha del sistema de iluminación, así como los resultados que aseguren el cumplimiento de la Normativa de la FIFA.

El análisis económico se efectuó mediante cálculos de precios unitarios, determinando el costo total de la implementación del sistema de iluminación.

**Palabras claves:** Curvas fotométricas, luminarias deportivas, cálculo de luminarias, software DIALux evo ®, circuitos eléctricos, costos.

## **2.1. Abstract**

In the present titling work, the lighting design and dimensioning was carried out for the stadium of Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, the same one that was carried out according to the lighting recommendations of the Regulations of the International Federation of Associated Football (FIFA).

It will be extinguished as a lighting design proposal using LED technology, considering that the luminaires will meet the necessary operating characteristics.

For the simulation of the lighting system, the DIALux evo ® software was shown, so that the start-up of the lighting system can be observed graphically, as well as the results that ensure compliance with the FIFA Regulations.

The economic analysis was carried out by calculating unit prices, determining the total cost of implementing the lighting system.

**Keywords:** Photometric curves, sports luminaires, calculation of luminaires, DIALux evo ® software, electrical circuits, costs.

### **3. Introducción**

La iluminación deportiva ha permitido que los diferentes deportes practicados a nivel mundial puedan realizarse dentro de horarios nocturnos, por ello, las instalaciones deben cumplir con las normas técnicas de diseño, de modo que, los espectadores y deportistas tengan la mejor comodidad visual.

Las características lumínicas de los sistemas de iluminación de escenarios deportivos, particularmente los de estadios de fútbol, se rigen mediante la Normativa de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA), siendo esta organización la encargada de determinar la aprobación del complejo para encuentros deportivos profesionales.

El Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo cuenta con instalaciones para la práctica de fútbol y atletismo, pero actualmente carece de un sistema de iluminación para el desarrollo de actividades deportivas nocturnas, razón por la cual, en el presente proyecto se dimensionó y simuló un sistema de iluminación, cumpliendo con los niveles necesarios de iluminación expuestos por la FIFA.

#### **➤ Objetivos:**

##### **Objetivo general**

- Dimensionamiento del sistema de iluminación del estadio de fútbol perteneciente a la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo.

##### **Objetivos específicos**

- Análisis de fotometría de luminarias para escenarios deportivos.
- Diseño y dimensionamiento del sistema de iluminación del estadio.
- Simulación del sistema de iluminación en el software DIALux Evo.
- Análisis técnico económico para la implementación del sistema de iluminación.

### ➤ **Antecedentes**

Hoy en día los partidos de fútbol realizados en horarios nocturnos se han convertido en algo habitual, todo esto gracias a los sistemas de iluminación. En ciertos estadios, lo más visible son las estructuras en donde se encuentran las luminarias, las mismas que son verdaderos íconos de la arquitectura deportiva, pero ¿cuándo se empezó a utilizar luz artificial en los campos de fútbol? (Victorias y Derrotas, 2018)

El 14 de octubre de 1878 en el Estadio Bramall Lane (Reino Unido), se llevó a cabo el primer experimento de iluminación artificial de un partido de fútbol, utilizando dos postes alimentados por baterías y dinamos. Con el pasar del tiempo de juego, los mismos tuvieron desperfectos, produciéndose apagones y una insuficiente cantidad de luz. (Integra Energía)

En el siglo XX, la Federación Inglesa (F.A) que era quien gobernaba el fútbol mundial, se rehusaba a permitir el uso de luz artificial en partidos oficiales que se disputen en Europa, sin embargo, en partidos amistosos sucedía lo contrario. Dicha negativa duró hasta los años 50, en los que, por la presión de los equipos de fútbol, se aprobó su uso. (Victorias y Derrotas, 2018)

Por otro lado, en Sudamérica las cosas eran muy diferentes, puesto que los estadios tenían la plena autorización del uso de iluminación en sus campos de juego, por ello, en 1935 el Estadio de Vélez Sarsfield (Argentina), se convirtió en el primer campo de juego latinoamericano en disputar partidos nocturnos. (Integra Energía)

Actualmente los sistemas de iluminación para escenarios deportivos deben realizarse bajo los estándares de iluminación de la Normativa de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) y los componentes que lo conforman deben ser dimensionados en base a las recomendaciones de los ministerios de electricidad de cada país, para el caso de Ecuador por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). (FIFA, 2011, p. 165)

En la provincia de Loja - cantón de Catamayo - parroquia San José, se encuentra ubicado el estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, el cual se destina para el desarrollo de diferentes actividades que requieran su uso.

Tiene un área de 18 254,74 m<sup>2</sup>, con la capacidad de acogida de aproximadamente 800 espectadores. Dentro de sus instalaciones, posee una cancha de césped y una pista de atletismo, las mismas que son utilizadas solamente en horarios diurnos debido a que el estadio carece de un sistema de iluminación nocturno.

En la Figura 1, se indica la ubicación del estadio, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: 3°59'56.4"S 79°21'26.9"W



Figura 1. Vista Satelital del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo  
*Nota. Fuente: (Google, 2018)*

### ➤ **Situación Problemática**

El estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo carece de un sistema de iluminación nocturna, lo cual conlleva a que los eventos deportivos y culturales se realicen solamente en horarios diurnos. Dicha restricción, ha causado que disminuya la participación de los deportistas y espectadores.



## 4. Marco teórico

### 4.1. Fotometría de Luminarias de Escenarios Deportivos

#### 4.1.1. *Curvas fotométricas*

La luz emitida por un dispositivo de iluminación se puede interpretar por medio de un sistema gráfico denominado curvas fotométricas.

Las curvas fotométricas son la unión de los puntos de coincidencia existentes entre las diferentes intensidades luminosas, las mismas que se emiten en el espacio partir de la fuente luminosa formando un sólido fotométrico. Cuando el sólido fotométrico se interseca con los planos, se forman las curvas fotométricas. (Romero & Quintana, 2014, p. 39)

Cabe recalcar que cada curva fotométrica depende o está relacionada con la naturaleza de la fuente, el tipo de reflector, la óptica o el diseño de las luminarias. (Deco, 2017, p. 46)

##### 4.1.1.1. **Importancia de las curvas fotométricas.**

Las curvas fotométricas son muy importantes al momento de realizar un diseño de iluminación porque permiten seleccionar la luminaria o fuente ideal para cumplir con los requerimientos de las normas de iluminación. (Deco, 2017, p. 46)

Del mismo modo, para poder analizar una curva fotométrica, se debe tener a la mano archivos fotométricos fiables y acordes a las especificaciones presentadas por los fabricantes en sus catálogos de luminarias. (Deco, 2017, p. 46)

##### 4.1.1.2. **Representación de curvas fotométricas.**

Las curvas fotométricas de una luminaria comúnmente se representan mediante los siguientes diagramas:

- Diagramas polares.
- Diagramas isocandela.
- Curvas Isolux.

Los diagramas polares son una representación simple de la distribución luminosa, mientras que los diagramas isocandela y las curvas Isolux, demuestran con más detalle su comportamiento.

##### 4.1.1.2.1. ***Diagrama polar.***

Las curvas fotométricas polares proporcionan información gráfica acerca de la manera en que se reparte el flujo luminoso en el espacio. (Giménez et al., 2018, p. 3)

Los diagramas polares pueden tener una distribución asimétrica como bisimétrica.

**a) Distribución luminosa asimétrica.**

En el caso de que la distribución luminosa de una fuente sea asimétrica, axial o circular, la representación se puede hacer tomando en cuenta una sola de las mitades del plano que pase por el eje de simetría. (Giménez et al., 2018, p. 3)

En la Figura 2, se pueden observar las distribuciones de las cantidades luminosas medias en una cierta cantidad de ángulos, los cuales se encuentran alrededor del eje de simetría con una separación de  $20^\circ$ . La distribución es en forma antihoraria empezando desde  $0^\circ$  y tomando como punto de partida el eje vertical. (Giménez et al., 2018, p. 3)

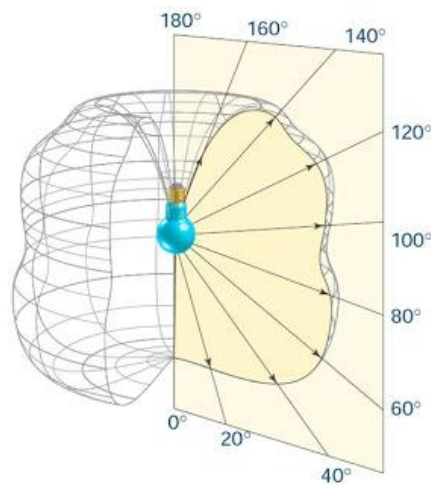


Figura 2. Curva fotométrica de una luminaria con distribución luminosa simétrica  
*Nota. Fuente: (Giménez et al., 2018, p. 3)*

**b) Distribución luminosa bisimétrica.**

Cuando la distribución luminosa de una fuente no sea asimétrica, es decir bisimétrica, se necesitaría expresar las curvas de distribución tomando en cuenta a ambos ejes (longitudinal y transversal), este caso se aplica en las fuentes de luz de descarga en gas o en las de baja presión. (Giménez et al., 2018, p. 4)

En la Figura 3, se puede observar este tipo de curva fotométrica en la que con la línea fina se expresa la distribución según el eje transversal (C  $0^\circ$  - C  $180^\circ$ ), mientras que, con el trazado grueso, la distribución según el eje longitudinal (C  $90^\circ$  - C  $270^\circ$ ). (Giménez et al., 2018, p. 4)

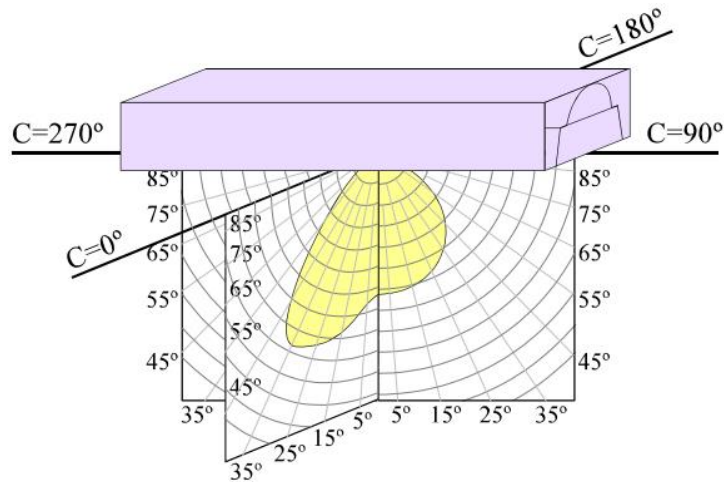


Figura 3. Curva fotométrica de una luminaria con distribución luminosa bisimétrica  
 Nota. Fuente: (Giménez et al., 2018, p. 4)

#### 4.1.1.2.2. Diagrama isocandela.

El diagrama isocandela es la representación de intensidades luminosas de igual intensidad.

En la Figura 4, se observan las variables que intervienen en la representación de una curva isocandela de una luminaria de alumbrado público. El ángulo  $\gamma$  representa la apertura de la intensidad luminosa desde la luminaria, mientras el ángulo  $\psi$  representa el alcance luminoso sobre la superficie. (Navarro et al., 2007, p. 297)

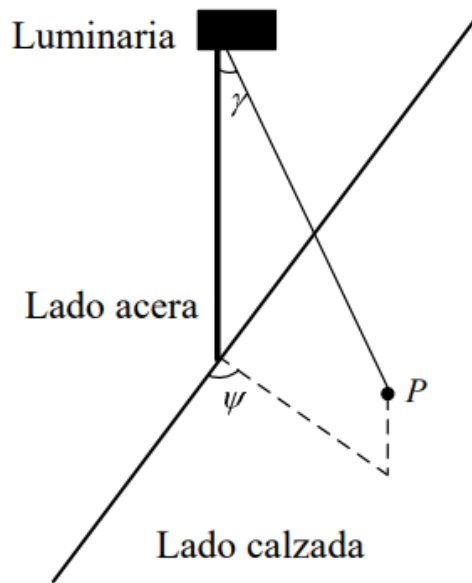


Figura 4. Alcance luminoso de una luminaria de alumbrado público  
 Nota. Fuente: (Navarro et al., 2007, p. 297)

En la Figura 5, se observan las curvas isocandelas de la iluminaria de alumbrado público de la Figura 4. La representación de las curvas isocandelas muestran el comportamiento de la intensidad luminosa tanto en el lado de la acera como en el de la calzada. Cada curva isocandela tiene un valor, el cual indica la cantidad de candelas presentes dentro de la curva sobre la superficie a iluminar. Con esto se demuestra que, para el lado de la calzada, existe una mayor cantidad luminosa porque predominan las curvas de mayor intensidad o con valores más cercanos al 100. (Navarro et al., 2007, p. 297)

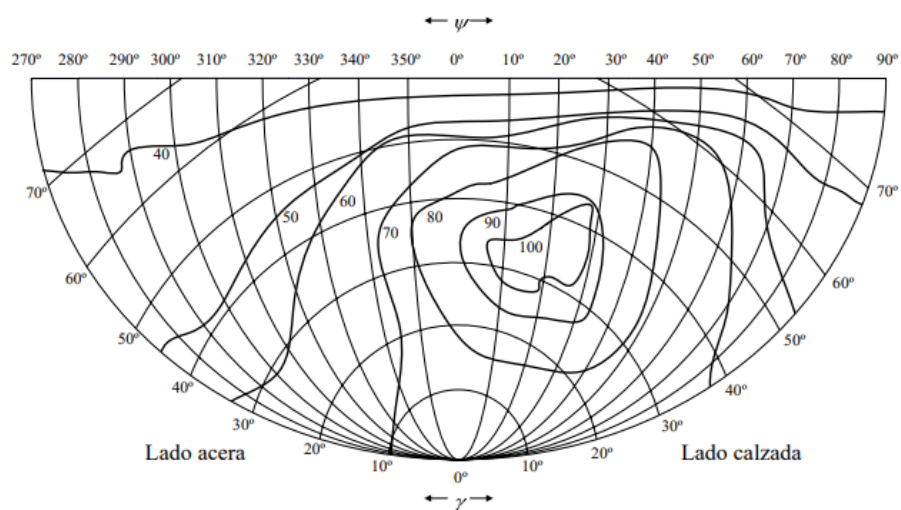


Figura 5 Curvas isocandelas  
 Nota. Fuente: (Navarro et al., 2007, p. 297)

#### 4.1.1.2.3. **Curvas Isolux.**

Las curvas Isolux representan la forma y magnitud de los valores de luxes proyectados sobre un plano. Este tipo de gráfico es muy útil porque permite analizar la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y qué parte de esa superficie tiene los mismos niveles de iluminación. (Giménez et al., 2018, p. 5)

En la Figura 6, se observan las curvas Isolux de una luminaria de alumbrado público, situada a un metro de altura y con un flujo luminoso de 1 000 lm. La luminaria se encuentra instalada en el centro, es decir en el punto en el que se une la acera con la calzada, el eje de las ordenadas muestra el alcance del flujo luminoso desde la luminaria con respecto a la acera y a la calzada, el eje de las abscisas indica la distancia de alcance de la curva Isolux con respecto a la luminaria. Se puede observar que, entre más distancia, es menor el flujo luminoso, es por ello, que la curva Isolux es ideal para determinar los puntos de mayor y menor iluminación. (Navarro et al., 2007, p. 297)

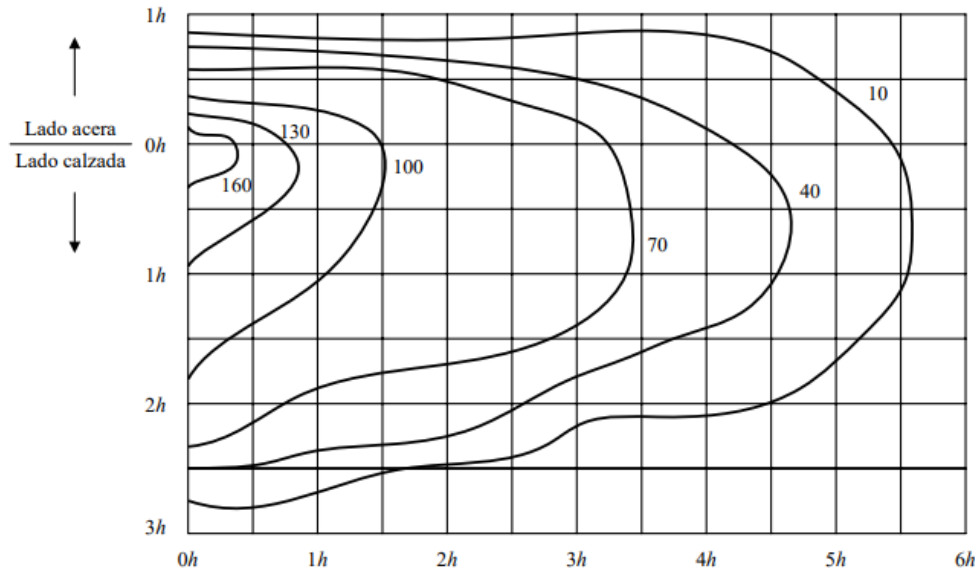


Figura 6. Curvas Isolux

Nota. Fuente: (Navarro et al., 2007, p. 298)

#### 4.1.2. Tipos de luminarias de escenarios deportivos

Una lámpara es un dispositivo que transforma energía eléctrica en radiación electromagnética, lo cual produce luz. (González, 2019, p. 24)

Para la iluminación de escenarios deportivos es común que se use los siguientes tipos de luminarias:

- Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión.
- Lámparas de haluros metálicos.
- Lámparas LEDS.

##### 4.1.2.1. Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión son consideradas como lámparas de alta intensidad, disponen de un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el mismo que consta de dos electrodos principales y un tercero o auxiliar que facilita el arranque de la misma. (González, 2019, p. 25)

Estas lámparas son utilizadas en naves industriales, astilleros, calles, estadios y obras públicas que requieran un alto nivel de iluminación. (Sivisapa, 2019, p. 11)

En la Figura 7, se muestran las partes de las lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

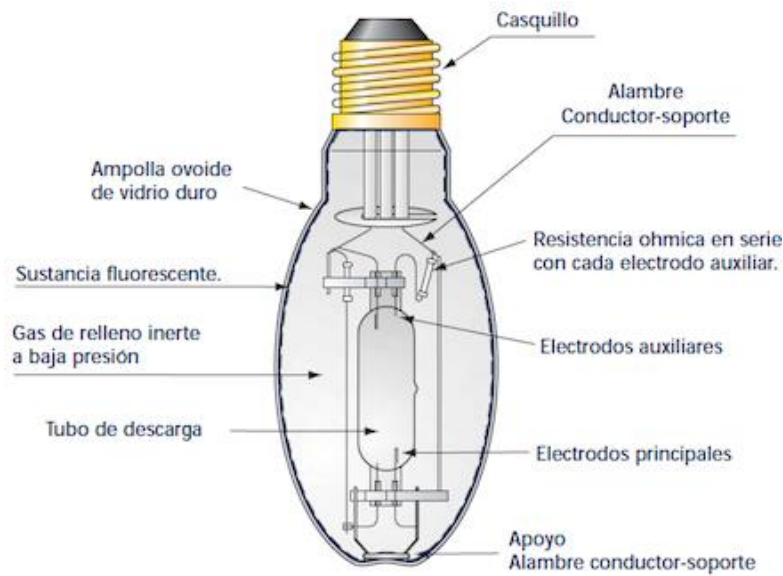


Figura 7. Partes de una lámpara de vapor de mercurio a alta presión

Nota. Fuente: (Grlum, 2018)

A continuación, se detallan algunas ventajas y desventajas de la aplicación de este tipo de lámparas:

**a) Ventajas**

- Poseen una vida útil de alrededor 20 000 horas. (Farrás, 2018, p. 46.6)
- Alta potencia, por lo cual pueden ser ubicadas en grandes alturas. (Sivisapa, 2019, p. 11)
- Buen funcionamiento en ambientes fríos. (Sivisapa, 2019, p. 11)

**b) Desventajas**

- Su rendimiento lumínico disminuye conforme avanza su vida útil, por lo general lo hace hasta aproximadamente un 55%. (Farrás, 2018, p. 46.6)
- Su vida económica es menor. (Farrás, 2018, p. 46.6)
- Requieren de 1 a 2 minutos para su calentamiento y encendido total. (Sivisapa, 2019, p. 11)
- En caso de un apagón, se debe esperar entre 2 y 5 minutos para que la lámpara se enfríe y se vuelva a encender (Silva, 2003, p. 30).
- En Ecuador, el Ministerio del Ambiente tiene un Plan Cero Mercurio, el mismo que se basa en la reducción gradual del uso de dichas lámparas. (Santana et al., 2014, p. 9)

#### 4.1.2.2. Lámparas de vapor de sodio de alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión son similares a las de mercurio de alta presión, pero ofrecen una mejor eficiencia y a su vez mayor constancia del flujo luminoso. (Vera, 2013, p. 21)

Este tipo de luminaria posee una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible, razón por la cual la luz emitida es agradable. (González, 2019, p. 27)

Este tipo de lámparas son utilizadas en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa. (González, 2019, p. 28)

En la Figura 8, se observan las partes que componen a las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

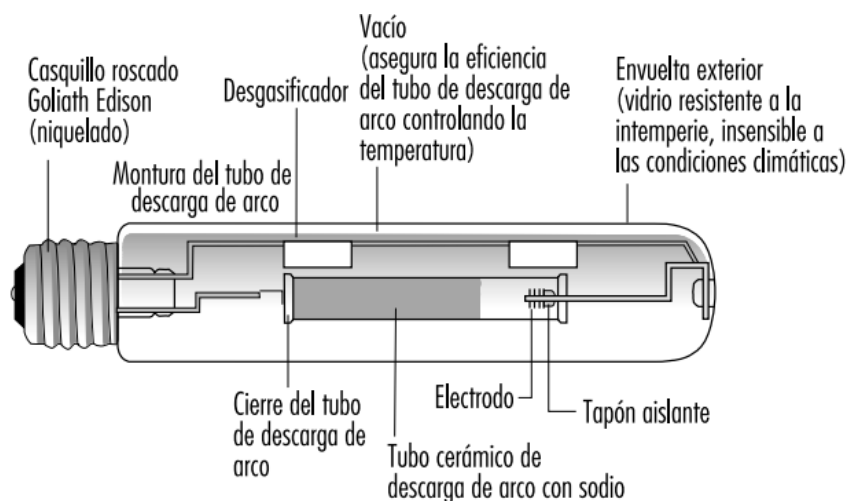


Figura 8. Partes de una lámpara de vapor de sodio de alta presión

Nota. Fuente: (Farrás, 2018, p. 46.7)

A continuación, se detallan algunas ventajas y desventajas de este tipo de lámparas:

##### a) Ventajas

- Poseen una vida útil de alrededor 24 000 horas. (Sivisapa, 2019, p. 12)
- Posee un elevado rendimiento de reproducción de luz. (Sivisapa, 2019, p. 12)
- Su flujo luminoso no decrece con la edad de la lámpara. (Sivisapa, 2019, p. 12)
- Mejor eficiencia que las lámparas de mercurio. (Sivisapa, 2019, p. 12)

##### b) Desventajas

- “Bajo rendimiento de reproducción cromático”. (González, 2019, p. 28)
- Se necesita un tiempo de 4 a 5 minutos para su encendido. (González, 2019, p. 28)
- Las tensiones de choque para el encendido deben ser de 2,8 a 5 kV. (González, 2019, p. 28)

- El sodio es un elemento bastante peligroso si se lo expone al ambiente. (Sivisapa, 2019, p. 12)

#### 4.1.2.3. Lámparas de haluros metálicos.

Las lámparas de haluros metálicos están compuestas de un tubo de descarga, el cual posee en su interior mercurio a alta presión, de la misma forma posee una combinación de varios haluros metálicos (indio, sodio, escandio, entre otros), los mismos que permiten un mejor color y rendimiento lumínico. (Cedeño, 2018, p. 49)

Su color cambia dependiendo del metal que las componen, por ejemplo, si su composición es de indio el color de la luz será azul de banda estrecha, por otro lado, si está compuesta de sodio su color será amarillo de banda estrecha. (Farrás, 2018, pp. 46.6-46.7)

Este tipo de lámparas pueden ser empleadas para iluminación de instalaciones deportivas, estudios de cine y televisión, estacionamientos, etc. (González, 2019, p. 29)

En la Figura 9, se observan las partes de la lámpara de haluros metálicos.

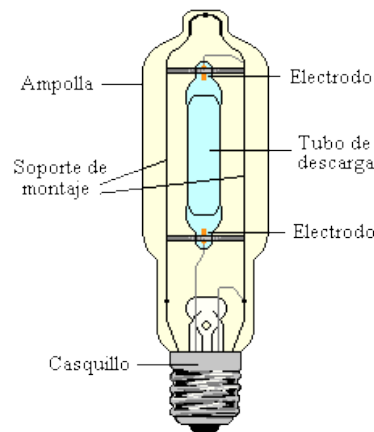


Figura 9. Partes de una lámpara de haluros metálicos

*Nota. Fuente: (González, 2019, p. 29)*

A continuación, se detallan algunas ventajas y desventajas de este tipo de lámparas:

##### a) Ventajas

- Posee una vida útil entre 10 000 y 12 000 horas. (González, 2019, p. 29)
- Alta gama de colores de luz. (González, 2019, p. 29)
- Eficiencia lumínica de 95 Lm/W. (González, 2019, p. 29)



## b) Desventajas

- Su encendido puede tardar de 3 a 8 minutos y un enfriamiento de 5 minutos. (González, 2019, p. 29)
- “No son regulables”. (González, 2019, p. 29)
- Poco tiempo de vida útil. (Cedeño, 2018, p. 49)

### 4.1.2.4. Lámparas led.

Las lámparas LED son lo último en tecnología de iluminación eficiente, en su interior poseen un “chip” de silicio, el cual tiene la singularidad de emitir luz cuando existe un paso de corriente a través de él, dicha luz depende de la combinación de cristales que lo constituyen. (Sivisapa, 2019, p. 30)

La iluminación LED supone un gran ahorro energético en aplicaciones industriales, debido a su potencia, superficie a iluminar y las horas de uso que posee, es por ello que, las lámparas LED han reemplazado casi en su totalidad a las clásicas lámparas de haluros metálicos. (Serrano-Tierz et al., 2015, p. 232)

En la Figura 10, se pueden observar las partes que componen a una lámpara LED.



Figura 10. Partes de una lámpara LED  
*Nota. Fuente: (Verbatim, 2018)*

#### **4.1.2.4.1. Beneficios de las lámparas led.**

##### **a) Alta eficiencia**

La iluminación LED consume aproximadamente un 90% menos energía que las lámparas de similares características, significando un ahorro energético y a su vez económico. (Cruz, 2017, p. 45)

Su eficiencia lumínica puede llegar de 130 a 150 lum/W, es decir, casi más de la mitad que una lámpara de haluros metálicos. (Cruz, 2017, p. 46)

##### **b) Duración**

Las lámparas LED al no contar con filamentos o partes mecánicas que podrían romperse o fundirse fácilmente, llegan a poseer un período de vida útil de aproximadamente 50 000 horas, lo cual reduce los costes de mantenimiento y reemplazo. (González, 2019, p. 31)

##### **c) Calidad de la luz**

Los LED emiten luz directamente en un solo color, puesto que son fuentes de luz monocromática, lo cual evita que se deban utilizar filtros para obtener un color de luz deseado. (González, 2019, p. 31)

##### **d) Baja tensión**

Pueden trabajar con alimentación de 12 a 24 V, lo cual reduce riesgos de electrocución y un cableado de menor sección. (Cruz, 2017, p. 46)

##### **e) Baja emisión de calor**

Al tratarse de lámparas que necesitan de menos potencia para su funcionamiento, su emisión de calor es mínima. (González, 2019, p. 31)

##### **f) Respuesta instantánea**

El encendido y apagado de este tipo de lámparas es muy rápido, sin llegar a deteriorarse por dicha acción, esta característica las hace ideales para ser instaladas en sistemas de detección de movimiento. (Cruz, 2017, p. 47)

##### **g) Fácilmente regulables**

En instalaciones que cuenten con unidades de control adecuadas, las lámparas LED se podrían regular sin comprometer su vida útil. (González, 2019, p. 31)

#### **h) Ecológicas**

Poseen sello verde de la Protección del Medio Ambiente, puesto que, en su composición no contienen plomo, mercurio, haluro u otro tipo de elementos nocivos para la naturaleza. (González, 2019, p. 31)

#### **4.1.2.4.2. Inconvenientes de las lámparas led.**

Las lámparas LED presentan muchos beneficios a la hora de iluminar un espacio interior o exterior, pero de la misma forma, presentan ciertos inconvenientes que restringen su uso, algunos de ellos se presentan a continuación:

##### **a) Elevadas temperaturas**

Los LED pueden funcionar a temperatura no mayores de 65 °C, puesto que sus componentes electrónicos pueden estropearse y con ello un fallo total de la lámpara. (González, 2019, p. 32)

##### **b) Disipación del calor**

Los LED requieren de disipadores de aluminio para alcanzar cantidades mínimas de emisión de calor. (González, 2019, p. 32)

##### **c) Precio**

Las lámparas LED tienen un costo superior a las bombillas comunes, puesto que sus componentes electrónicos deben poseer una buena eficiencia. (González, 2019, p. 32)

En la Tabla 1, se observa la comparación de ventajas y desventajas de utilizar las lámparas antes mencionadas.

Tabla 1. Comparación de los diferentes tipos de lámparas

Tipos de Lámparas		Ventajas	Desventajas
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión	de de alta	Vida útil de alrededor 20 000 horas. Alta potencia. Funcionan muy bien en ambientes fríos.	A medida que pasa el tiempo, su rendimiento disminuye a un 55 %. Requiere de 1 a 2 minutos para su calentamiento y encendido total. En caso de un apagón se debe esperar entre 2 a 5 minutos para encenderla nuevamente.

Lámparas de vapor de sodio de alta presión	Vida útil de alrededor 24 000 horas. Mejor eficiencia que las lámparas de mercurio. Su flujo luminoso no decrece con la edad de la lámpara.	Se necesita un tiempo de 4 a 5 minutos para su encendido. Bajo rendimiento de reproducción cromático. El sodio es un elemento bastante peligroso.
Lámparas de haluros metálicos	Vida útil entre 10 000 y 12 000 horas. Alta gama de colores de luz. Buena eficiencia lumínica.	Su encendido tarda de 3 a 8 minutos. No son regulables. Poco tiempo de vida útil.
Lámparas LEDS	Vida útil de alrededor 50 000 horas. Eficiencia lumínica de 130 a 150 lum/W. Poca emisión de calor. Encendido instantáneo. Ecológicas. Pueden trabajar con alimentaciones de 12 a 14 V. Consumen un 90 % menos energía que las demás lámparas.	No pueden funcionar a temperaturas mayores de 65 °C. Dependiendo del modelo y características lumínicas, su precio tiende a elevarse. Requiere que sus disipadores de calor sean contruidos con buenos elementos.

*Nota. Fuente: Diferentes Fuentes*

#### **4.2. Normativas para Alumbrado de Escenarios Deportivos**

La iluminación de escenarios deportivos debe permitir el desarrollo de actividades en horario nocturno con una luz intensa, con buena reproducción de colores y sin deslumbramiento. (Luxlife, 2016, p. 5)

Para ello existen normas que regulan los niveles de iluminación de los escenarios deportivos, dependiendo de la actividad para la cual son destinados, en el caso de estadios de fútbol, los sistemas de iluminación deben ser diseñados tomando en cuenta la Normativa de la Federación Deportiva Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) o la Norma Española de Iluminación de instalaciones deportivas UNE-EN 12193.

#### **4.2.1. Norma española de iluminación de instalaciones deportivas UNE-EN 12193**

La norma europea UNE-EN 12193, se basa en regulaciones de iluminación de escenarios deportivos, con la finalidad de que jugadores, árbitros, espectadores y medio de transmisión mediante cámaras de TV, puedan desarrollar sus actividades con buenas condiciones lumínicas. (Comité Técnico CTN 72, 2020a, p. 7)

La norma UNE-EN 12193, proporciona valores de iluminación artificial que deban ser aplicados en el diseño y control de sistemas lumínicos de instalaciones deportivas. (Comité Técnico CTN 72, 2020a, p. 7)

Por otro lado, contiene métodos para medir las magnitudes luminosas y las posiciones de las luminarias de acuerdo a la actividad deportiva que se encuentre realizando. (Comité Técnico CTN 72, 2020a, p. 7)

La norma UN-EN 12193, clasifica el alumbrado de escenarios deportivos basándose en el nivel de competición:

##### **a) Alumbrado Clase I**

Competiciones de alto nivel.

Competiciones nacionales e internacionales.

Escenarios deportivos grandes. (Comité Técnico CTN 72, 2020b, p. 2)

##### **b) Alumbrado Clase II**

Competiciones de nivel medio.

Competiciones regionales y locales. (Comité Técnico CTN 72, 2020b, p. 2)

##### **c) Alumbrado Clase III**

Entrenamientos, educación física y actividades recreativas. (Comité Técnico CTN 72, 2020b, p. 2)

#### **4.2.2. Normativa de la federación internacional de fútbol asociado (FIFA)**

##### **4.2.2.1. Generalidades.**

Los sistemas de iluminación de escenarios deportivos tienen como finalidad iluminar los campos de juego según los requisitos de calidad de video digital de los medios de transmisión, evitando causar molestias por deslumbramiento a los jugadores, árbitros y espectadores. Para ello, la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) es la encargada de establecer y regular las condiciones de iluminación de dichos escenarios. (FIFA, 2011, p. 169)

En cuanto a la implementación de un sistema de iluminación, se deberá tomar en cuenta el uso de iluminación permanente, temporal o también una combinación de ambas. (FIFA, 2011, p. 169)

Se deberá considerar los siguientes aspectos:

**a) Aspectos ambientales**

Limitar la iluminación invasiva y el deslumbramiento, tanto dentro como fuera del escenario deportivo. (FIFA, 2011, p. 169)

**b) Jugadores y árbitros**

Los jugadores y árbitros podrán moverse sin ninguna restricción de iluminación, es decir, el escenario deportivo deberá contar con las condiciones de iluminación correctas para obtener un mejor realce del juego. (FIFA, 2011, p. 169)

**c) Espectadores**

Las personas que asistan a los encuentros deportivos deberán disfrutar confortablemente del juego, sin deslumbramientos o contaminación lumínica excesiva. (FIFA, 2011, pp. 169-170)

**d) Medios de comunicación**

Los medios de comunicación dedicados a la transmisión de encuentros deportivos, podrán hacerlo con una iluminación equilibrada y sin sombras excesivas ni deslumbramientos. (FIFA, 2011, p. 170)

**4.2.2.2. Categoría de competiciones.**

En la Tabla 2, se muestran las cinco clases de sistemas de iluminación (I a V) que han sido definidas por la FIFA, dentro de ellas, la clase I y II necesitan calidad televisada, mientras que las otras no. (FIFA, 2011, p. 170)

Tabla 2. Categoría de competiciones

Categorías de competiciones		
Clase V	Partido internacional televisado	Campo sin sombras
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 y/o clubes no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 6 postes (recomendado)

Clase I	Entrenamientos y juegos de recreo no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 4 postes 8(recomendado)
---------	--	--

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 170)

#### 4.2.2.3. Altura de montaje de los aparatos de alumbrado – clase IV y clase V.

Los aparatos de alumbrado deben tener una altura de montaje indicada, de tal modo que se obtenga la mejor eficacia del sistema de iluminación. Los postes y bastidores de focos laterales tendrán que estar ubicados de 25° a 45° grados hacia la base de la fuente luminosa más baja sobre el horizonte, los mismos que se miden desde el centro del campo y mirando hacia las tribunas. Por otro lado, las luminarias tendrán un ángulo de rotación no mayor a 70 grados desde el nadir hasta el centro del haz, esta información se observa en la Figura 11. (FIFA, 2011, p. 170)

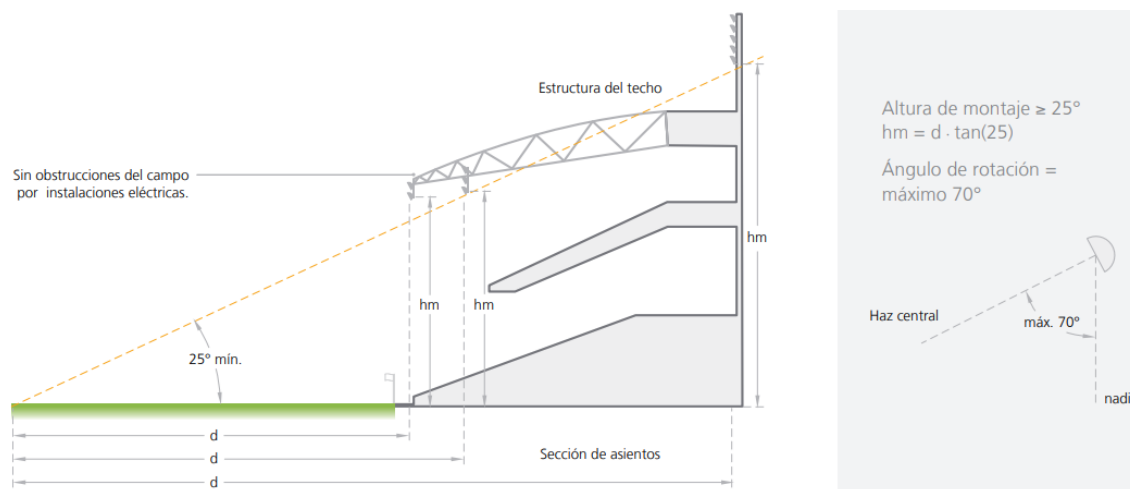


Figura 11. Altura de montaje de los aparatos de alumbrado

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 171)

La altura mínima se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{\text{mín}} \geq d \cdot \tan 45^\circ \quad \text{Ec. ( 1)}$$

En donde:

$H_{\text{mín}}$  = Altura mínima (m).

$d$  = Distancia del centro de la cancha hasta la torre (m).

La altura máxima se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} \leq d \cdot \tan 25^\circ \quad \text{Ec. ( 2)}$$

En donde:

$H_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$  = Altura mínima (m).

$d$  = Distancia del centro de la cancha hasta la torre (m).

#### 4.2.2.4. Ángulos visuales de los jugadores y de la transmisión.

El diseño debe tener como finalidad de que nada deslumbre a jugadores, árbitros, espectadores y medios de transmisión de los encuentros deportivos, por tal razón existen dos áreas que se las conoce como “zonas sin iluminación artificial”. (FIFA, 2011, p. 172)

Estas zonas se definen a continuación:

##### a) Zonas de las esquinas de la línea de meta

No se deberá colocar iluminación dentro de los 10 grados a ambos lados de la línea de meta, esto con el fin de que el portero y los jugadores atacantes no tengan problemas visuales durante los saques de esquina (Figura 12). (FIFA, 2011, p. 172)

##### b) Detrás de la línea de meta

No se deberá colocar iluminación por debajo de los 25 grados sobre el punto central del campo de juego ni por debajo de los 75 grados sobre la horizontal del área de la meta, para así mantener condiciones visuales tolerables cuando los jugadores atacantes se encuentren frente a la meta. (FIFA, 2011, p. 172)

En la Figura 12, se observan los ángulos visuales de los jugadores y la transmisión.

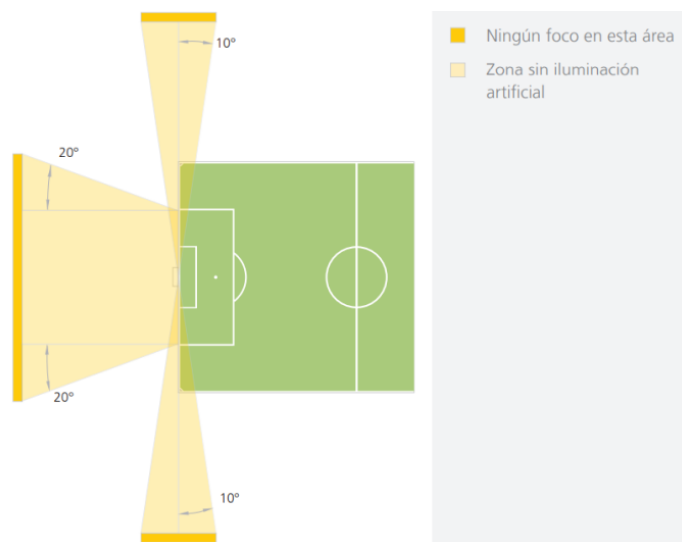


Figura 12. Ángulos visuales de los jugadores y la transmisión  
 Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 173)



#### 4.2.2.5. Control de sombras (direccionamiento multizona).

Dentro del campo de juego, el control de sombras es muy importante, por lo cual su limitación se ha convertido en uno de los mayores problemas para los medios de transmisión de los encuentros deportivos. (FIFA, 2011, p. 172)

En base a esto, la FIFA divide el campo en dos zonas; la zona 1 corresponde a las zonas de ambos extremos y la zona 2, el centro del campo, tal y como se muestra en la Figura 13 y Figura 15. (FIFA, 2011, p. 172)

Con ello, se obtiene como resultado que el jugador esté rodeado de iluminación desde diferentes ubicaciones, es decir, una iluminación equilibrada en todos los puntos del campo de juego. (FIFA, 2011, p. 172)

Para lograr un buen control de sombras, el direccionamiento para cada zona debe tener las siguientes restricciones:

##### a) Eventos internacionales televisados

Para eventos internacionales televisados se debe considerar un mínimo de cuatro dispositivos de iluminación. (FIFA, 2011, p. 172)

##### b) Eventos nacionales televisados

Para eventos nacionales televisados se debe considerar un mínimo de tres dispositivos de iluminación. (FIFA, 2011, p. 172)

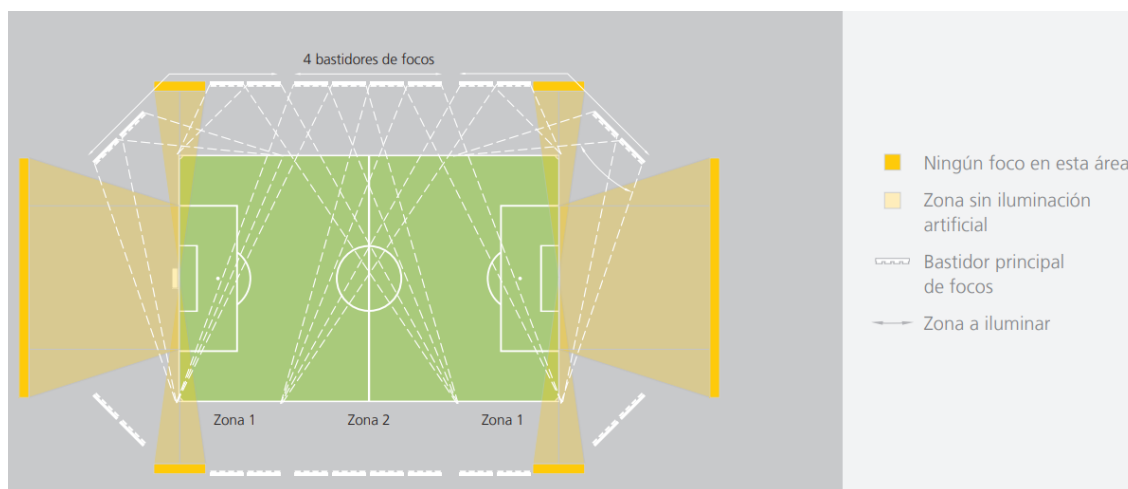


Figura 13. Direccionamiento de la luz en eventos internacionales (Clase V)

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 174)

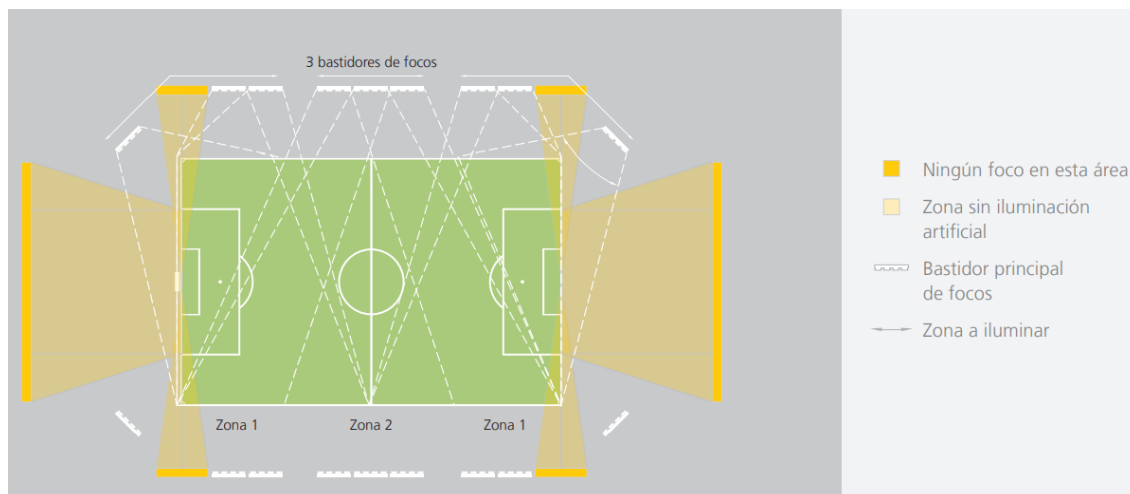


Figura 14. Direccionamiento de la luz en eventos nacionales (Clase IV)

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 174)*

#### 4.2.2.6. Planificación de las instalaciones (eventos no televisados).

Para un escenario deportivo que no es televisado, no se requiere un direccionamiento multizona. (FIFA, 2011, p. 172)

Las directrices para el diseño de iluminación de eventos no televisados, son las siguientes:

##### a) Clase III (Partidos nacionales)

Campo iluminado con un mínimo de 8 postes.

En la Figura 15, se muestra la distribución de las torres de iluminación en estadios de Clase III.

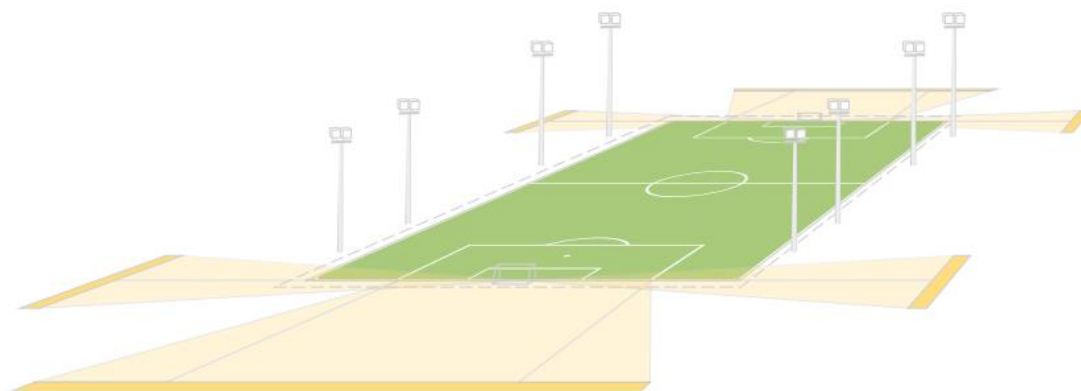


Figura 15. Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase III

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 175)*

**b) Clase II (Partidos de liga y/o clubes)**

Campo iluminado con un mínimo de 6 postes.

En la Figura 16, se muestra la distribución de las torres de iluminación en estadios de Clase II.

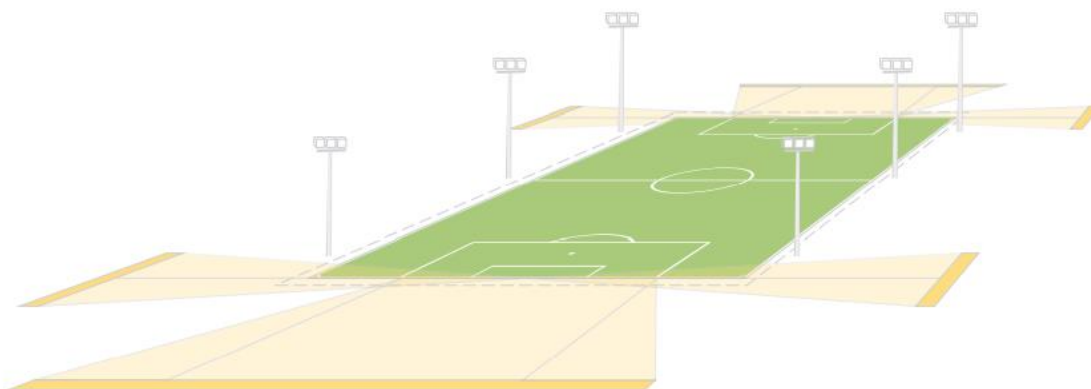


Figura 16. Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase II

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 175)*

**c) Clase I (Entrenamiento y recreo)**

Campo iluminado con un mínimo de 4 postes.

En la Figura 17, se muestra la distribución de las torres de iluminación en estadios de Clase II.

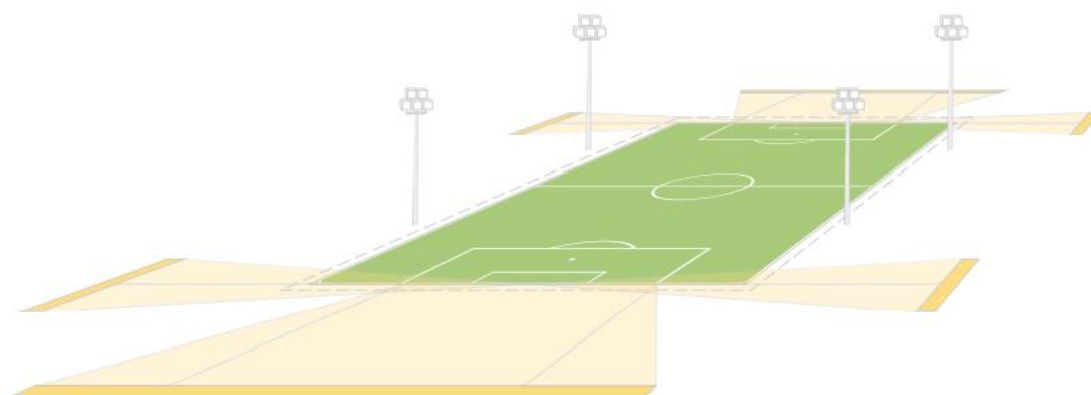


Figura 17. Número de luminarias requeridas en eventos no televisados Clase I

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 175)*

**4.2.2.7. Especificaciones y tecnología para el diseño de la iluminación.**

**4.2.2.7.1. Iluminación horizontal.**

**a) Iluminancia horizontal**

La iluminancia horizontal es una medida de la luz que se presenta sobre un plano horizontal a la altura de un metro sobre la superficie del campo de juego, para obtener esta medida se utiliza una rejilla de 10 m x 10 m, con la cual se obtienen datos que permitan calcular la iluminación máxima/mínima/media del campo de juego. (FIFA, 2011, p. 176)

#### **b) Variación**

Se requiere mantener una iluminación uniforme en todo el campo de juego, ya que, de esto depende que los jugadores tengan un mejor rendimiento y así mismo crear videos de alta resolución con un buen nivel de calidad. (FIFA, 2011, p. 176)

En la Tabla 3, se muestran los métodos para calcular la uniformidad, para lo cual se emplean los métodos de Coeficiente de variación (CV) y Gradiente de uniformidad (UG). (FIFA, 2011, p. 176)

Tabla 3. Coeficientes uniformidad lumínica

Métodos de cálculo de la uniformidad lumínica	Eventos televisados	Eventos no televisados
Coeficiente de variación (CV)	$CV \leq 0,13 - 0.15$	$CV \leq 0.3 - 0,4$
Gradiente de uniformidad (UG)	$UG = 1,5 - 2$	$UG = 2 - 2,5$

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 176)*

#### **4.2.2.7.2. Iluminación vertical.**

##### **a) Vertical de la cámara de campo**

La iluminación vertical a nivel de campo, se refiere a la cantidad de iluminación recibida por la superficie vertical de los jugadores. Este tipo de iluminación es ideal para conseguir buenas tomas de los jugadores, por ello el diseñador debe conseguir un equilibrio lumínico con el fin de reducir áreas sobre/subexpuestas. (FIFA, 2011, p. 177)

##### **b) Vertical de la cámara fija**

La iluminación vertical fija, es la iluminación capturada sobre la línea de banda y la línea de meta por las cámaras superiores. Del mismo modo que la vertical de la cámara de campo, el diseñador debe considerar un equilibrio lumínico. (FIFA, 2011, p. 177)

#### 4.2.2.7.3. *Temperatura de color.*

La temperatura de color, ya sea caliente (rojo) o frío (azul), es independiente de la lámpara utilizada, aunque hoy en día con los avances tecnológicos, se puede modificar los videos de tal modo que, se gane color y contraste, de acuerdo con la calidad de color deseada. La FIFA estipula una temperatura de color aceptable para escenarios deportivos al aire libre de  $T_k \geq 4\,000\text{ K}$ . (FIFA, 2011, p. 178)

#### 4.2.2.7.4. *Índice de reproducción de color (ra).*

El índice de reproducción de color (Ra) mide la calidad del color que proyecta la luminaria, dicho valor se comprende desde un mínimo de 20 a un máximo de 100, siendo este último el de la calidad más alta. (FIFA, 2011, p. 178)

Para el caso, la FIFA recomienda que el sistema de iluminación vertical deberá contar con un índice  $R_a \geq 65$ , tantos para eventos televisados como no televisados. (FIFA, 2011, p. 178)

#### 4.2.2.8. **Especificaciones de iluminación para eventos televisados.**

La FIFA mediante la Tabla 4, muestra las especificaciones de iluminancia vertical y horizontal, la uniformidad y las propiedades de color que se deben considerar para el diseño de los sistemas de iluminación de escenarios deportivos televisados.

Tabla 4. Especificaciones de iluminación para eventos televisados

Nivel de actividad	Disposición de la cámara	Iluminancia vertical			Iluminación horizontal			Propiedades de las lámparas	
		Ev media de las cámaras	Uniformidad		Eh media	Uniformidad		Temperatura del color	Reproducción de color
Clase	Cálculo hacia	Lux	U1	U2	Lux	U1	U2	Tk	Ra
Clase V Internacional	Cámara fija	> 2 000	0,6	0,7	500	0,6	0,8	> 4 000	$\geq 65$
	Cámara de campo	1 800	0,4	0,65					

	(a nivel del campo)								
	Cámara fija	2 000	0,5	0,65					
Clase IV Nacional	de campo (a nivel del campo)	1 400	0,35	0,6	2 500	0,6	0,8	> 4 000	≥ 65

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 178)

**Notas:**

- La uniformidad de la iluminancia vertical puede ser evaluada en cada cámara.
- Los valores antes mencionados son constantes, por lo cual se recomienda un factor constante de 0.7, es decir, los valores iniciales serán aproximadamente 1.4 veces el valor de los antes indicados.
- Se recomienda un índice de deslumbramiento de  $GR \leq 50$  para los jugadores de campo. (FIFA, 2011, p. 178)

**4.2.2.9. Especificaciones para la iluminación de eventos no televisados.**

La FIFA mediante la Tabla 5, muestra las especificaciones de iluminancia horizontal, la uniformidad y las propiedades de color que se deben considerar para el diseño de los sistemas de iluminación de escenarios deportivos no televisados.

Tabla 5. Especificaciones de iluminación para eventos no televisados

Nivel de actividad	Iluminancia horizontal	Uniformidad	Temperatura del color de la lámpara	Reproducción del color de la lámpara
Clase	Eh ave (lux)	U2	Tk	Ra
Clase III (Partidos nacionales)	750	0,7	> 4 000	≥ 65
Clase II (Partido de liga y/o clubes)	500	0,6	> 4 000	≥ 65

Clase I				
(Entrenamientos y juegos de recreo)	200	0,5	> 4 000	≥ 65

*Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 179)*

**Notas:**

- La uniformidad de la iluminancia no deberá exceder el 30% cada 10 metros.
- Los valores antes mencionados son constantes, por lo cual se recomienda un factor constante de 0,7, es decir, los valores iniciales serán aproximadamente 1,4 veces el valor de los antes indicados.
- Los ángulos visuales primarios del jugador han de estar libres de deslumbramiento directo. (FIFA, 2011, p. 179)

**4.2.2.10. Impacto ambiental.**

La contaminación lumínica y la proyección involuntaria se dividen en dos tipos; la iluminación invasiva y el resplandor. (FIFA, 2011, p. 180)

**a) Iluminación invasiva**

Luz mensurables que traspasa el perímetro del estadio. (FIFA, 2011, p. 180)

**b) Resplandor**

Brillantez que afecta a los peatones y automovilistas fuera del estadio. (FIFA, 2011, p. 180)

Tomando en consideración estos tipos de contaminación lumínica, la FIFA recomienda que los diseños deben limitar en lo mayor posible este tipo de contaminación, tanto dentro como fuera del estadio. (FIFA, 2011, p. 180)

En la Tabla 6, se observan los valores de contaminación lumínica permitida.

Tabla 6. Valores de contaminación lumínica permitida

Ángulo de iluminación	Distancia desde el perímetro del estadio	Lux
Invasión horizontal	50 m desde el perímetro del estadio	25
Invasión horizontal	200 m más allá	10
Máximo vertical	50 m desde el perímetro del estadio	40

Máximo vertical	200 m desde el perímetro del estadio	20
-----------------	--------------------------------------	----

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 180)

En la Figura 18, se observa la cantidad de luxes permitidos dependiendo la distancia desde el perímetro del estadio.

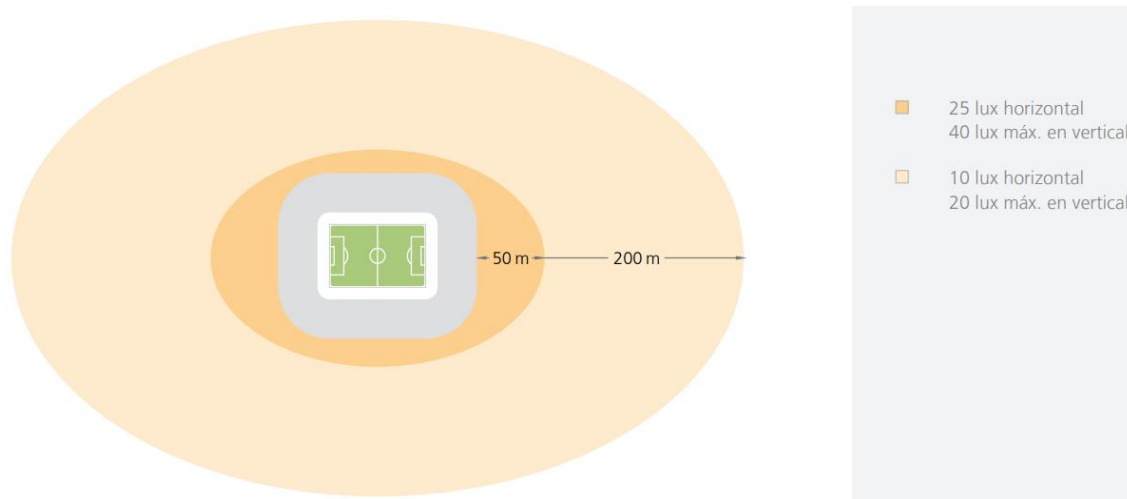


Figura 18. Contaminación lumínica permitida

Nota. Fuente: (FIFA, 2011, p. 180)

### 4.3. Métodos de Cálculo de Alumbrado de Escenarios Deportivos

#### 4.3.1. Magnitudes luminosas

##### 4.3.1.1. Flujo luminoso.

El flujo luminoso es la cantidad de luz radiante a la que el ojo humano es sensible, la misma que es emitida por una fuente de luz durante un lapso de tiempo. (Romero & Quintana, 2014, p. 35)

La unidad del flujo luminoso ( $\Phi$ ) es el lumen (lm).

El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor  $5,40 \times 10^{14}$  Hz y por un flujo de energía radiante de  $1/683$  W. (Espinosa, 2020, p. 45)

En la Figura 19, se observa la representación del flujo luminoso en una luminaria incandescente.



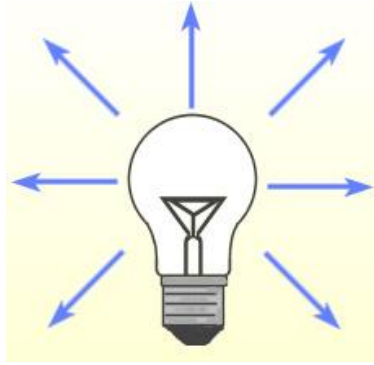


Figura 19. Flujo luminoso  
 Nota. Fuente: (Tesla Electric, 2018)

Se define por la siguiente ecuación:

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad \text{Ec. ( 3)}$$

En donde:

$\Phi$  = Flujo luminoso (lm).

Q = Cantidad de luz emitida (lm x s).

t = Tiempo de duración de la emisión (s). (Romero & Quintana, 2014, p. 35)

#### 4.3.1.2. Eficacia luminosa.

La energía eléctrica consumida por una lámpara no se transforma en su totalidad en luz, ya que, un porcentaje de ella se pierde en forma de calor, radiación no visible (infrarrojo IR o ultravioleta UV). (Espinosa, 2020, p. 49) Por ello, la eficacia luminosa describe el grado de acción de un iluminante, es decir, el rendimiento energético de una lámpara. (Vera, 2013, p. 7) Los rendimientos luminosos reales varían dependiendo el medio de luz, por lo cual, siempre quedan por debajo de los valores ideales. (Ganslandt; Hofmann, 2019, p. 40)

En la Figura 20Figura 19, se observa la representación de la eficacia luminosa.

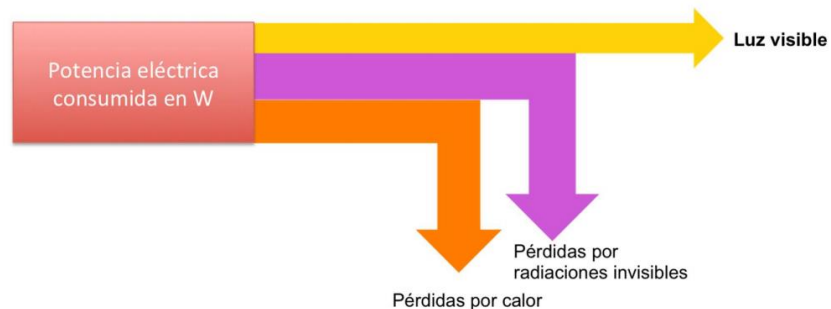


Figura 20. Eficacia luminosa  
 Nota. Fuente: (UC, 2020, p. 5)

Se define por la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad \text{Ec. ( 4)}$$

En donde:

$\eta$  =Eficacia luminosa (lm/W).

$\Phi$  = Flujo luminoso (lm).

P =Potencia eléctrica consumida por la lámpara (W). (González, 2019, p. 8)

#### 4.3.1.3. Cantidad de luz.

La cantidad de luz o energía luminosa es el producto del flujo luminoso por el tiempo.  
(Ganslandt; Hofmann, 2019, p. 40)

Se define por la siguiente ecuación:

$$Q = \Phi \cdot t \quad \text{Ec. ( 5)}$$

En donde:

Q = Cantidad de luz emitida (lm x s).

$\Phi$  = Flujo luminoso (lm).

t = Tiempo de duración de la emisión (s). (Ganslandt; Hofmann, 2019, p. 40)

#### 4.3.1.4. Intensidad luminosa.

La intensidad luminosa es la cantidad de luz emitida por una fuente en una determinada dirección. (Romero & Quintana, 2014, p. 36)

En la Figura 21, se muestra la representación de la intensidad luminosa.

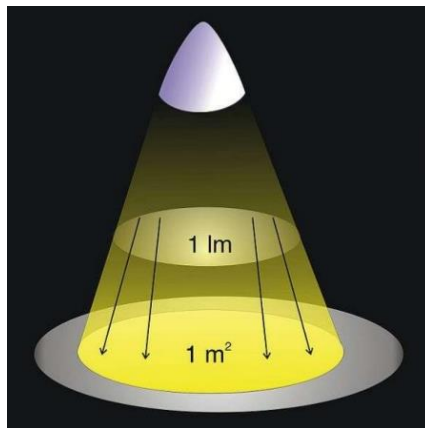


Figura 21. Intensidad luminosa  
Nota. Fuente: (González, 2019, p. 9)

Se define por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad \text{Ec. ( 6)}$$

En donde:

I = Intensidad luminosa (cd).

$\Phi$  = Flujo luminoso (lm).

$\omega$  = Ángulo sólido (sr). (González, 2019, p. 9)

#### 4.3.1.5. Iluminancia (nivel de iluminación).

La luminancia o nivel de iluminación es la cantidad de flujo que incide sobre una superficie. (González, 2019, p. 10)

Su unidad es el lux.

El lux (lx) es el nivel de iluminación de una superficie de 1 m<sup>2</sup> que existe cuando sobre ella incide un flujo luminoso de 1 lm. (Espinosa, 2020, p. 59)

En la Figura 22, se muestra la representación de la iluminancia o nivel de iluminación.

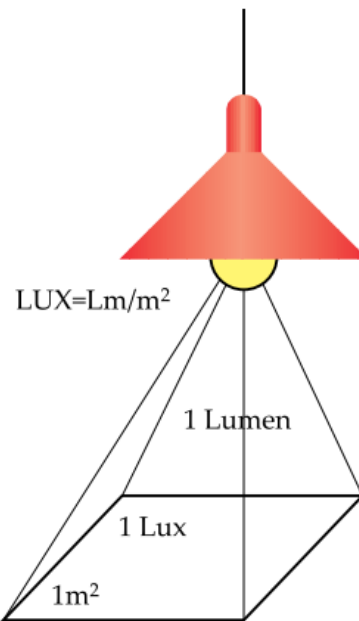


Figura 22. Iluminancia o nivel de iluminación

Nota. Fuente: (INSHT, 2013, p. 8)

Se define por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad \text{Ec. ( 7)}$$

En donde:

$E$  = Nivel de iluminación (lx).

$\Phi$  = Flujo luminoso (lm).

$S$  = Superficie a iluminar ( $m^2$ ). (INSHT, 2013, p. 8)

#### 4.3.1.6. Luminancia.

La luminancia es el efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo humano en una dirección determinada. (González, 2019, p. 10)

Se define por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{I}{S(\cos\beta)} \quad \text{Ec. ( 8)}$$

En donde:

$L$  = Luminancia ( $Cd/m^2$ ).

$I$  = Intensidad luminosa (Cd).

$S$  = Superficie iluminada ( $m^2$ ).

$\beta$  = Ángulo que forma el plano normal iluminado, con la proyección visual del observador ( $^\circ$ ). (González, 2019, pp. 10-11)

En la Figura 23, se observa la representación de la luminancia.

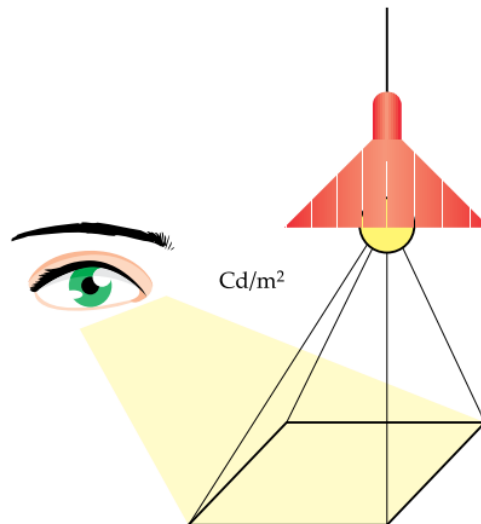


Figura 23. Luminancia

Nota. Fuente: (INSHT, 2013, p. 9)

#### **4.3.2. Métodos para el cálculo del número de luminarias**

Para realizar un diseño de iluminación exterior, existen dos métodos de cálculos para determinar el número de luminarias que se requieren utilizar:

Métodos de lúmenes.

Método del Punto por Punto. (Sivisapa, 2019, p. 18)

##### **4.3.2.1. Método del punto por punto.**

Es un método muy preciso, el cual consiste en realizar un análisis del flujo luminoso que aporta cada lámpara en los puntos donde son instaladas. (Sivisapa, 2019, p. 18)

Al ser un método que requiere demasiados cálculos, se recomienda que se aplique en diseños de iluminación vial. (Sivisapa, 2019, p. 18)

##### **4.3.2.2. Método de lúmenes.**

Al igual que el método del punto por punto, este método también posee una gran precisión, pero con la diferencia que se lo aplica en lugares en el que se requiere una mayor cantidad de luminarias. (Sivisapa, 2019, p. 19)

Para realizar este tipo de cálculo, se debe tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Coeficiente de Utilización del Haz.
- Número de luminarias ( $N_{lum}$ ).
- Iluminancia media ( $E_m$ ).

##### **4.3.2.3. Coeficiente de utilización del haz ( $f_u$ ).**

Al momento de determinar el coeficiente de utilización del Haz, primero se debe realizar el cálculo de la relación del local, la misma que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$R_l = \frac{A \cdot L}{h(A + L)} \quad \text{Ec. ( 9)}$$

En donde:

$R_l$  = Relación del local.

A = Ancho del local a iluminar (m).

L = Largo del lugar a iluminar (m).

h = Altura de montaje (m). (González, 2019, p. 23)

Una vez realizado el cálculo de la relación del local, se procede a identificar el índice del local k, el mismo que se obtiene de la Tabla 7.

Tabla 7. Índice del local calculado por medio de la relación del local

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0,7	0,6
I	0,7 a 0,9	0,8
H	0,9 a 1,12	1
O	1,12 a 1,38	1,25
F	1,38 a 1,75	1,5
E	1,75 a 2,25	2
D	2,25 a 2,75	2,5
C	2,75 a 3,50	3
B	3,50 a 4,50	4
A	Más de 4,50	5

Nota. Fuente: (González, 2019, p. 23)

Con el índice del local k, se obtiene el factor de utilización de la luminaria, a través de la Tabla 8.

Tabla 8. Cálculo general del factor de utilización de una luminaria

Distancia entre luminarias y Factor de mantenimiento (Fm)	Reflexión	Techo	75 %			50 %			30 %	
			Pared	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %
	Índice del local k	Factor o coeficiente de utilización, Fu								
Inferior a l x h Fm bueno 0,7	J	0,33	0,38	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,26	0,26
	I	0,39	0,36	0,34	0,39	0,35	0,34	0,35	0,34	0,34
	H	0,43	0,4	0,38	0,42	4	0,38	0,39	0,38	0,38
	G	0,46	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41	0,41
	F	0,48	0,46	0,43	0,47	0,45	0,43	0,45	0,43	0,43
	E	0,52	0,5	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47	0,47

Nota. Fuente: (González, 2019, p. 24)

#### 4.3.2.4. Número de luminarias ( $N_{lum}$ ).

Para el cálculo del número de luminarias, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$N_{\text{luminarias}} = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot f_u \cdot f_m} \quad \text{Ec. ( 10)}$$

En donde:

$N_{\text{luminarias}}$  = Número de luminarias.

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

$\Phi$  = Flujo luminoso de una luminaria (lum).

$f_u$  = Coeficientes de utilización del Haz.

$f_m$  = Factor de mantenimiento. (González, 2019, pp. 22, 23)

#### 4.3.2.5. Iluminancia media ( $E_m$ ).

Para corroborar el valor de iluminancia recomendado por la FIFA, se puede calcular la iluminancia media, la misma que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot n \cdot f_m}{S} \quad \text{Ec. ( 11)}$$

En donde:

$E_m$  = Iluminancia media (lum).

$N$  = Número de lámparas.

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de una luminaria (lum).

$n$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.

$S$  = Superficie a iluminar (  $m^2$  ). (González, 2019, p. 24)

### 4.4. Normativas para la Construcción de Redes Eléctricas de MT y BT

#### 4.4.1. Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales (EERSSA)

##### 4.4.1.1. Transformadores.

Los transformadores deberán cumplir con las normas NTE INEN 2114 Y 2115, además la composición del aceite no debe contener bifenilo ploriclorado (PCB). (EERSSA, 2012, p. 6)

##### 4.4.1.1.1. Capacidad del transformador.

Para determinar la capacidad del transformador a utilizar, se tomando en cuenta los siguientes factores:

- Número de usuarios ( $N$ ).
- Factor de sobrecarga ( $FS$ ).

- Demanda máxima unitaria proyectada (DMUp).
- Factor de coincidencia (FC).
- Demanda máxima diversificada (DMD).
- Factor de potencia (FP).

**4.4.1.1.1.1. Factor de sobrecarga.**

El factor de sobrecarga depende del área del lote en el cual se va a construir el proyecto eléctrico.

En la Tabla 9, se muestra el tipo de usuario tanto para el sector urbano como para el sector rural.

Tabla 9. Factor de sobrecarga

FACTOR DE SOBRECARGA		
Sector Urbano		
Área promedio del terreno (m <sup>2</sup> )	Tipo de usuario	Factor de sobrecarga
A > 400	A	0,9
300 < A < 400	B	0,8
200 < A < 300	C	0,8
100 < A < 200	D	0,7
A < 100	E	
Sector Rural		
Tipo de sector	Tipo de usuario	Factor de sobrecarga
Periferia Ciudad	F	0,7
Centro Parroquial	G	0,7
Rural	H	0,7

*Nota. Fuente: (EERSSA, 2012, pp. 5, 7)*

**4.4.1.1.1.2. Demanda máxima unitaria proyectada.**

La demanda máxima unitaria proyectada se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DMUp = CI \cdot FS \quad \text{Ec. ( 12)}$$

En donde:

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada (kW).

CI = Carga instalada (kW).



FS = Factor de sobrecarga.

#### **4.4.1.1.1.3. Factor de coincidencia.**

El factor de coincidencia se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FC = N^{-0,0944} \quad \text{Ec. ( 13)}$$

En donde:

FC = Factor de coincidencia.

N = Número de usuarios. (EERSSA, 2012, p. 6)

#### **4.4.1.1.1.4. Demanda máxima diversificada.**

La demanda máxima diversificada se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DMD = DMUp \cdot N \cdot FC \quad \text{Ec. ( 14)}$$

En donde:

DMD = Demanda máxima diversificada (kW).

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada (kW).

N = Número de usuarios.

FC = Factor de coincidencia. (EERSSA, 2012, p. 5)

#### **4.4.1.1.1.5. Factor de potencia.**

El factor exigido por la EERSSA será mayor o igual a 0,92. (EERSSA, 2012, p. 34)

#### **4.4.1.1.1.6. Cálculo de la demanda total de diseño.**

Para el cálculo de la capacidad del transformador, se utiliza la siguiente ecuación:

$$DTD = \frac{DMD}{FP} \quad \text{Ec. ( 15)}$$

En donde:

DTD = Demanda total de diseño (KVA).

DMD = Demanda máxima diversificada (kW).

FP = Factor de potencia.

#### **4.4.1.2. Nivel de aislamiento.**

Los equipos eléctricos como transformadores, pararrayos, capacitores, etc., deberán cumplir con los niveles de aislamiento mencionados en la Tabla 10.

Tabla 10. Nivel de aislamiento

Nivel de tensión (kV)	Nivel de aislamiento BIL (Kv)
13,8	95
22	125
69	350

*Nota. Fuente: (EERSSA, 2012, p. 4)*

#### **4.4.1.3. Caída de tensión admisible para red primaria.**

Las caídas de tensión en la red primaria consideradas desde el punto de salida de la subestación hasta el transformador más alejado eléctricamente, no deberán exceder los siguientes valores:

- Área Urbana: 3,5 %
- Área Rural: 7 %

#### **4.4.1.4. Caída de tensión admisible para red secundaria.**

Las caídas de tensión en la red secundaria consideradas desde el transformador hasta la vivienda más alejada eléctricamente, no deberán exceder los siguientes valores:

- Área Urbana: 4,5 %
- Área Rural: 5,5 %

#### **4.4.2. Homologación de las unidades de propiedad (UP) en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas**

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y las Empresas de Distribución Eléctrica (EDs), en el año 2009 implementaron la “Comisión de Homologación de Unidades de Propiedad”, la misma que tiene como fin implantar un Sistema de Gestión Único. Con ello, se unifica la identificación de los equipos, accesorios y materiales que son utilizados en el diseño y construcción de los proyectos eléctricos. (MEER, 2011, p. 2)

##### **4.4.2.1. Cables.**

###### **4.4.2.1.1. Cables para red de MV.**

Para los sistemas de distribución subterráneo para medio voltaje, se deberá hacer uso de cables monopolares con conductor de cobre aislados con polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) para voltajes de 15 kV, 25 kV y 35 kV. El nivel de aislamiento será de 100% y 133%. (MEER, 2011, p. 55)

**a) Nivel de aislamiento**

Como se mencionó anteriormente, se utilizarán dos tipos de aislamientos, los cuales se muestran a continuación:

- **Nivel de 100%**

Deben utilizarse en sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra y provistos con dispositivos de protecciones. Las fallas a tierra deben eliminarse en menos de 1 min. (MEER, 2011, p. 55)

En la Tabla 11, se muestran sus características principales.

Tabla 11. Características principales de los conductores con aislamiento nivel 100%

Características principales de los conductores con aislamiento nivel 100%	
Conductor	Cobre suave
Forma del conductor	Cableado concéntrico
Tipo de Aislamiento	Polietileno Reticulado XLPE o TRXLPE
Pantalla sobre el aislamiento	Semiconductor de polietileno reticulado o de alta adherencia
Tipo de pantalla electrostática	Cinta metálica o alambre de cobre
Chaqueta	Material termoplástica PVC (Color rojo)

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 55)*

- **Nivel de 133%**

Este tipo de cables se usa cuando no se pueda cumplir con el tiempo de eliminación de falla de los de nivel 100%, es por ello que estos se utilizan en lugares en que la sección de falla pueda desenergizarse en un tiempo no mayor que una hora. (MEER, 2011, p. 55)

En la Figura 24, se observa las partes de un tipo de conductor para redes de MV.

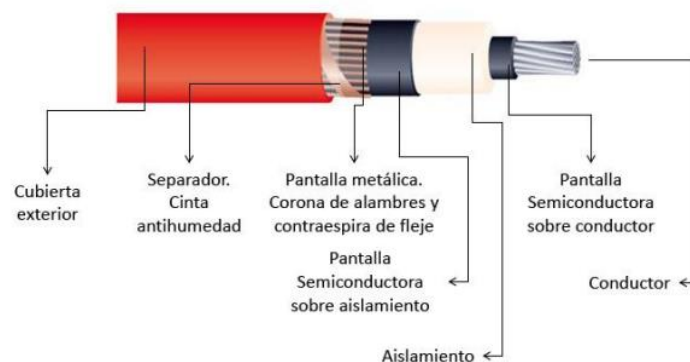


Figura 24. Partes de un conductor para redes de MV

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 56)*

#### **b) Cables para red de BV**

Para este tipo de red, se utilizan cables con conductor de cobre, aislamiento de 2 000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad. (MEER, 2011, p. 56)

En la Tabla 12, se muestran sus características principales.

Tabla 12. Características principales de los conductores para redes de BV

Características principales de los conductores para redes de BV	
Conductor	Cobre suave
Tipo de Aislamiento	Polietileno (PE)
Chaqueta	Policloruro de vinilo (PVC)

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 56)*

#### **4.4.2.2. Banco de ductos.**

##### **4.4.2.2.1. Separadores de tubería.**

Los separadores tienen como finalidad conservar una distancia uniforme entre ductos, los mismos que deberán ser de láminas de PVC. (MEER, 2011, p. 2)

La separación mínima horizontal y vertical debe ser de 5 cm y la distancia longitudinal entre cada separador en cambio de 2.5 m. (MEER, 2011, p. 2)

En la Figura 25, se puede apreciar este tipo de accesorios.

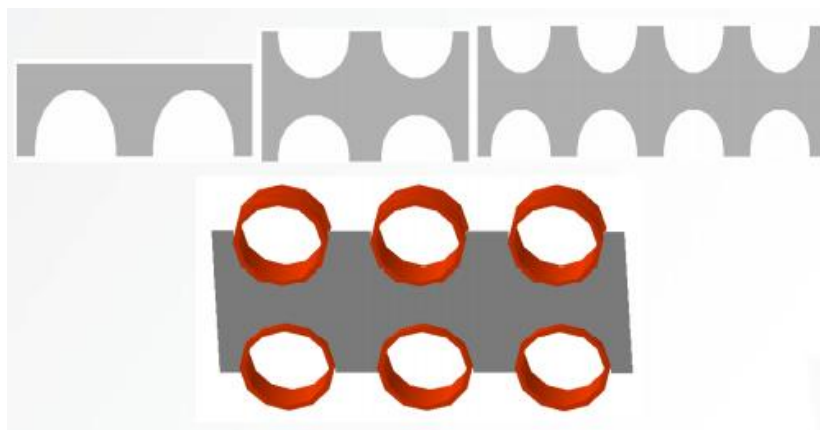


Figura 25. Separadores de ductos

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 2)*

##### **4.4.2.2.2. Material de relleno de banco de ductos.**

###### **a) En Acera**

En el caso de que el banco de ductos sea ubicado sobre la acera, para el material de relleno del mismo, se considerarán los siguientes puntos:

El material de relleno será de arena u hormigón armado de  $140 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia mecánica.

En el fondo de la zanja se ubicará una cama de arena o ripio de 5 cm, dependiendo del material de relleno que se encuentre utilizando.

Si se utiliza arena como material de relleno, se deberá colocar una capa de arena de 5 cm después de cada fila de ductos y al final una de 10 cm sobre el último ducto.

Por otro lado, cuando el material de relleno sea hormigón, se debe armar el banco de ductos con los separadores, relleno todo de hormigón a una altura de 10 cm por encima de la última tubería.

En los dos casos, después de completar el relleno independientemente del material utilizado, se colocará una capa de 20 cm de material de relleno (libre de piedra), el cual será compactado manualmente, la siguiente capa de 10 cm será compactada mecánicamente, después de eso se ubicará una capa de 10 cm de subbase compactada (arena o ripio).

La distancia comprendida entre las paredes de las zanjas hacia los ductos será de 10 cm. (MEER, 2011, pp. 2-3)

#### **b) En Calzada**

En el caso de que el banco de ductos sea ubicado sobre la calzada, para el material de relleno del mismo, se considerarán los siguientes puntos:

El material de relleno será de hormigón armado con una resistencia mínima de  $180 \text{ kg/cm}^2$ , hasta 10 cm por encima del ducto superior.

Luego de la última fila de ductos, se colocarán dos capas de 25 cm de material de relleno (libre de piedra), las mismas que serán compactadas de forma mecánica.

Después se colocará una capa de 10 cm de subbase compactada (arena, ripio o lastre).

En el fondo de la zanja se colocará una cama de ripio de 5 cm. (MEER, 2011, p. 3)

#### **c) Distancia de separación entre banco de ductos eléctricos y otros servicios**

La separación horizontal mínima entre ductos eléctricos y otros servicios será de 25 cm. (MEER, 2011, p. 3)

#### **d) Profundidad**

La profundidad mínima de instalación de los ductos o bancos de ductos será de 0,6 m para los que se localicen en lugares no transitados por vehículos, mientras que, en los lugares transitados por vehículos será de 0,8 m. (MEER, 2011, p. 4)

En el caso de que no se puedan considerar los valores mínimos antes mencionados, se deberá colocar hormigón de resistencia mecánica, de tal modo que se pueda proteger el banco de ductos. (MEER, 2011, p. 4)

#### e) Ancho de la zanja

Para determinar el ancho de la zanja, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Bd = (N \cdot D) + (N - 1) \cdot e + 2x \quad \text{Ec. ( 16)}$$

En donde:

Bd = Ancho de la zanja.

N = Número de tubos en sentido horizontal.

D = Diámetro exterior del tubo.

e = Espacio entre tunos (Mínimo 5cm).

x = Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (Mínimo 10 cm). (MEER, 2011, p. 4)

#### f) Cintas de señalización

Las cintas de señalización permitirán indicar la existencia de ductos eléctricos, las mismas se deben colocar a una profundidad de 20 cm desde el nivel del piso (Figura 26). En el caso de que el ancho de la zanja sea menor o igual a 0,5 m se colocará una cinta, mientras que, si el ancho de la zanja es superior a 0,5 m se colocará dos cintas. (MEER, 2011, pp. 4-5)



Figura 26. Cintas de señalización  
Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 5)

La cinta de señalización deberá informar acerca de la señal de advertencia de peligro de riesgo eléctrico (ISO 3864), advertencia de la presencia de cables eléctricos y el logotipo de la empresa. (MEER, 2011, p. 5)

**g) Ductos**

Los ductos deberán ser de tuberías de PVC, para así garantizar la protección de los cables, su reemplazo y cambio de calibre. Aunque esto implica un mayor costo inicial, menor capacidad de corriente y no se pueden realizar empalmes. (MEER, 2011, p. 5)

**h) Tipo de ducto**

En base a la Norma NTE INEN 2227 Y NTE INEN 1869, se deberán utilizar tubos PVC de acuerdo a las siguientes condiciones:

- **Redes de MV y BV**

Tubo PVC de pared estructurada e interior lisa tipo B (diámetro de 110 y 160 mm).

- **Alumbrado público y acometidas domiciliarias**

Tubo PVC tipo II pesado. (MEER, 2011, p. 6)

**i) Características**

Las características de los bancos de ductos son las siguientes:

- Los ductos deben taponarse de tal modo que no ingrese basura, agua o roedores.
- Los materiales utilizados deben tener el sello de calidad INEN.
- Los ductos para instalaciones eléctricas subterráneas deben ser de color naranja.
- Según la NORMA NEC 354-5, se debe considerar que el área de la sección transversal de todos los conductores no sea mayor del 40 % de la sección transversal interior de la canalización.
- En todos los casos, el número máximo de fases será de 3 más el neutro. (MEER, 2011, p. 6)

En la Tabla 13, se detallan las características de los ductos y tuberías metálicas que se deben emplear en las canalizaciones y transiciones.

Tabla 13. Ductos y tubería metálica a emplear en las canalizaciones y transiciones

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Tensión (kV)	Diámetro del ducto (mm)	Transición Ducto (mm)
-------------------------------------	--------------	-------------------------	-----------------------

1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	35	160	160
2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350	15-25	110	110
500	15-25	160	160
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0.6	110	110
6, 4, 2, 1/0	0.6 (Alumbrado Público y acometidas)	50	50

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 6)*

### **j) Configuración de ductos**

En la Tabla 14, se indica la configuración que deben tener los ductos, el primer dígito indica el número de filas y el segundo dígito el número de columnas. En el caso de los sistemas de comunicación de equipos eléctricos, se utilizará en todo el trayecto del ducto, un triducto de polietileno de pared exterior lisa e interior con estrías longitudinales (40 mm de diámetro). (MEER, 2011, pp. 6-7)

Tabla 14. Disposición de ductos

Disposición de ductos		
Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1x2	1x3	1x4
2x2	2x3	2x4
3x2	3x3	3x4
4x2	4x3	

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 7)*

En la Figura 27, se puede observar la ubicación de los ductos con su respectivo material de relleno.

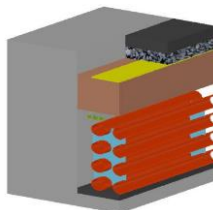


Figura 27. Distribución de ductos

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 7)*



#### 4.4.2.3. Pozos

Los pozos serán utilizados cuando exista un cambio de dirección, transición aérea a subterránea, su distancia de ubicación dependerá del diseño, siendo esta de 30 a 60 m (Figura 28). (MEER, 2011, p. 7)

Las paredes de los pozos serán construidas dependiendo su ubicación en la que se instalen, si es en calzada serán de hormigón armado de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que en acera serán de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado enlucidas en su interior con mortero 1:3 y alisadas con cemento, a su vez, el espesor de las paredes será de 12 cm como mínimo. (MEER, 2011, p. 7)

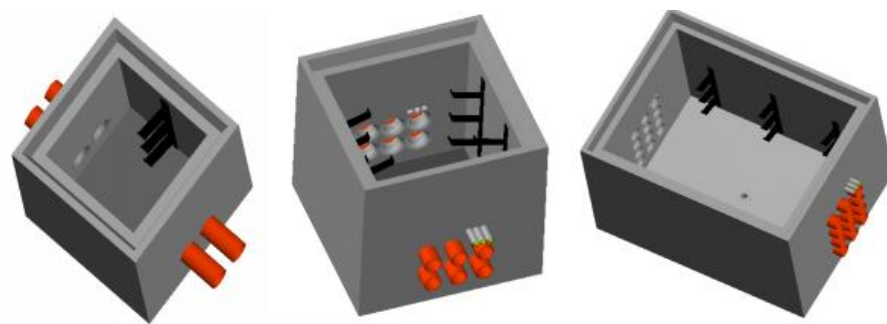


Figura 28. Pozos de instalaciones eléctricas subterráneas

Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 8)

Las tapas de los pozos podrán ser de:

- **Hormigón armado**

Poseerán un marco y brocal metálico, con el espesor de la losa de la tapa de 70 mm (acera).

- **Acero dúctil o grafito esferoidal**

Clase D400-400 kN (calzada o acera). (MEER, 2011, p. 8)

**a) Dimensiones**

En la Tabla 15, se muestran las dimensiones interiores establecidas en esta homologación, las mismas que dependerán del tipo de pozo.

Tabla 15. Tipos de pozos y dimensiones interiores

Tipos	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación
Tipo A	0,60	0,60	0,75	AP-ACOMETIDA
Tipo B	0,90	0,90	0,90	MV-BV-AP
Tipo C	1,20	1,20	1,20	MV-BV-AP

Tipo D	1,60	1,20	1,50	MV-BV-AP
Tipo E	2,50	2,00	2,00	MV-BV-AP

- Las profundidades indicadas en la tabla son mínimas y podrá aumentar dependiendo de la cantidad de ductos a instalarse.
- Los pozos tipo C serán para derivaciones en bajo voltaje.
- Los pozos C y D se construirán con 2 tapas que cubran el área del mismo.
- En el pozo tipo E se podrán colocar módulos premoldeados para derivación y seccionamiento. Este tipo de pozo irá con una tapa de hierro esferoidal.
- Los pozos tipo D y E se construirán normalmente en las esquinas.

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 8)*

#### **b) Forma**

Los pozos se construirán de acuerdo al ángulo que forme el banco de ductos, estas formas podrán ser cuadradas, rectangulares o de ser necesario octogonal. (MEER, 2011, p. 9)

#### **c) Consideraciones**

Se deben tener las siguientes consideraciones:

- Al momento de construir pozos en las calles o veredas, se debe tener en cuenta que generalmente existen instalaciones de agua potable, alcantarillado, teléfonos, energía eléctrica., por ello, se debe coordinar con las diferentes entidades para que se proporcionen los planos e información de las instalaciones existentes.
- “La distancia entre la parte inferior de los ductos más profundos y la base del pozo debe ser mínimo de 10 cm”.
- El banco de ductos debe estar centrado, tomando en cuenta las paredes laterales del pozo.
- El banco de ductos debe quedar a 5 cm antes de salir a la superficie, de tal modo que se forme un chaflán, el mismo que permitirá el ingreso de los cables sin daño a la chaqueta. (MEER, 2011, p. 9)

#### **d) Tapas**

Se pueden instalar dos tipos de tapas, las que son de hormigón y las de grafito esferoidal.

- **Tapas de hormigón**

Marco y brocal metálico construido de pletina de acero de espesor de 4 mm, base de 50 mm y altura de 75 mm con una abertura de 110° para el marco y brocal (Figura 29). (MEER, 2011, p. 9)

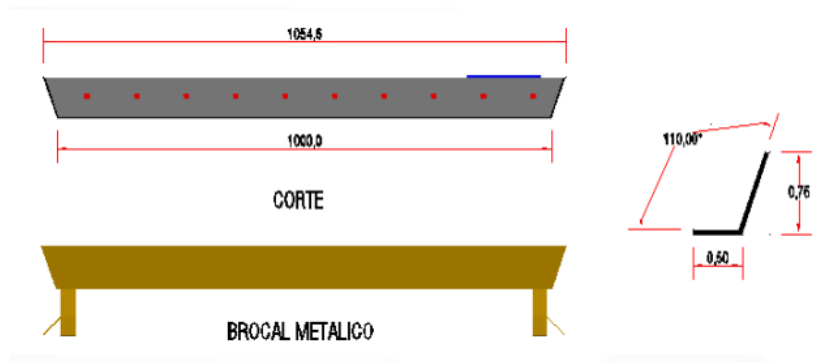


Figura 29. Tapa de hormigón armado  
 Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 9)

El hormigón de la tapa tendrá una resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , espesor de 70 mm en vereda y 150 mm en calzada con armadura  $\varnothing = 12 \text{ mm}$  cada 100 mm en ambas direcciones (Figura 30). (MEER, 2011, p. 9)

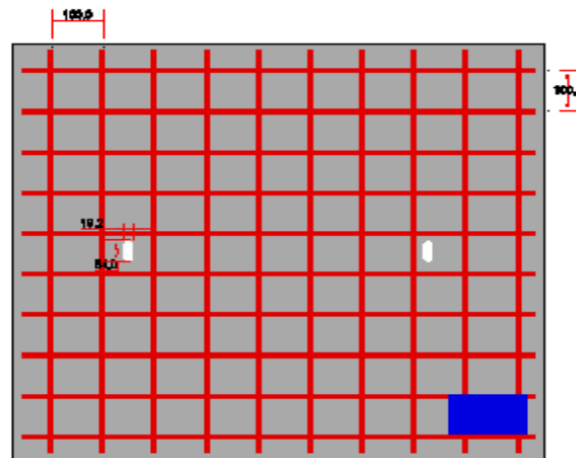


Figura 30. Tapa de pozo tipo B  
 Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 10)

Tanto el marco como el brocal, deberá tener un recubrimiento mínimo de dos capas de pintura anticorrosiva, por otro lado, se dispondrá de anclajes embebidos al contorno del pozo, de modo que, el brocal se empotre correctamente (Figura 31). (MEER, 2011, p. 10)

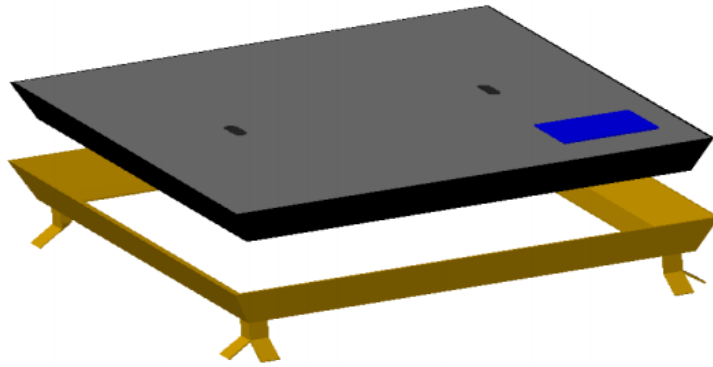


Figura 31. Tapa y marco del pozo  
*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 10)*

Para la apertura de la tapa de hormigón, se dejará dos orificios sin fundir que atraviesen toda la armadura, los mismos que son formados por tubo metálico rectangular de  $\frac{3}{4} \times 2$ " y soldados a la armadura. Deberán ser ubicados de tal forma que, el peso se distribuya adecuadamente y permitan el ingreso de una varilla de hierro doblada en forma de "L", la cual permitirá levantar la tapa. (MEER, 2011, p. 10)

En la Figura 32, se muestra la distribución de los agujeros para el levantamiento de la tapa.

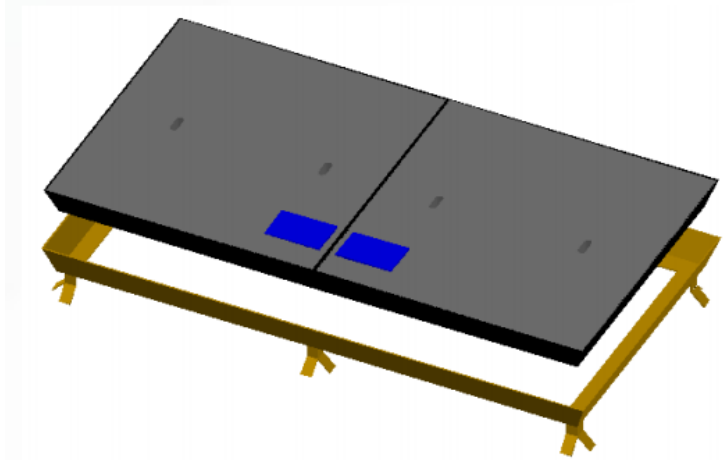


Figura 32. Distribución de agujeros para el levantamiento de la tapa  
*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 10)*

- **Tapas de grafito esferoidal**

Este tipo de tapas están destinadas para los pozos ubicados en calzada, su composición es de acero dúctil clase D400-400 kN con un seguro de cierre de  $\frac{1}{4}$  de vuelta con llave. Dichas tapas están soportadas en un marco de acero galvanizado y su diseño genera un efecto antideslizante para los vehículos y peatones. (MEER, 2011, p. 11)

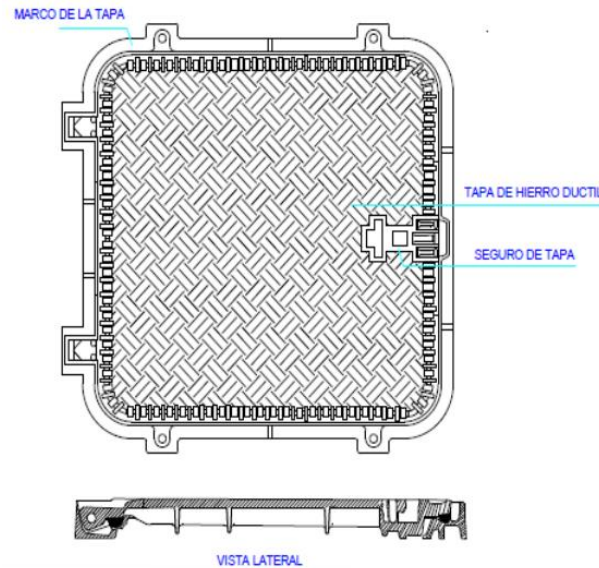


Figura 33. Tapa de grafito esférico

Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 11)

#### e) Pisos de los pozos

Los pisos de los pozos dependen del lugar donde se esté construyendo el sistema subterráneo, los mismo que pueden ser:

- **Piso con hormigón y drenaje**

El piso se deberá fundir con una capa de hormigón, el cual tendrá una profundidad mínima de 10 cm., a su vez se colocará un drenaje opcional. El drenaje tendrá un sifón y estará conectado al sistema de alcantarillado público. La tubería de conexión será de PVC con un diámetro mínimo de 50 mm. El piso de la losa tendrá una inclinación de 1,5 % hacia el drenaje. (MEER, 2011, p. 12)

- **Piso sin hormigón y material filtrante**

Para este tipo de pisos, el pozo tendrá una capa de material filtrante (grava) con una altura mínima de 10 cm. (MEER, 2011, p. 12)

- **Piso con hormigón y material filtrante**

El piso deberá tener una loseta de hormigón con una altura mínima de 10 cm y una inclinación de 1,5% con respecto a una franja sin fundir rellena de material filtrante (grava), el mismo que ocupará un 10 % del área del piso. (MEER, 2011, p. 13)

#### f) Soportes

Los soportes tendrán las siguientes características:

- Los soportes serán de acero galvanizado o fibra de vidrio.
- Deben estar diseñados para resistir la masa de los conductores y cargas dinámicas.
- Los cables deben quedar a una altura de 10 cm arriba del piso.
- Los soportes deben estar ubicados en una posición que permitan el movimiento de los cables. (MEER, 2011, p. 13)

En la Figura 34, se observa este tipo de soportes.

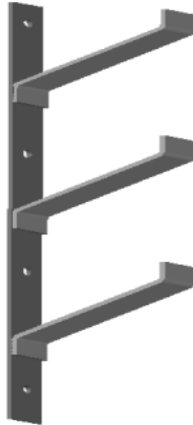


Figura 34. Soportes

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 13)*

#### **4.4.2.4. Cámaras eléctricas**

Las cámaras eléctricas tienen como finalidad alojar técnicamente los equipos eléctricos que componen el diseño que se encuentre realizando, es por ello que deben cumplir con los aspectos estéticos, de seguridad, operatividad y la necesidad eléctrica. (MEER, 2011, p. 14)

##### **a) Normas y reglamentos**

Para realizar los proyectos de diseño y construcción, se debe hacer uso de las siguientes normas y reglamentos:

- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ACI: Código de Construcción para Concreto Reforzado.
- ASTM: Organismo Internaciones de Normalización de EEUU.
- AAHSTO: Sistema de clasificación de suelos.
- Las normas y reglamentos de obra eléctrica son los siguientes.
- IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.
- ISO: Organización Internacional de Normalización.

- INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NEC: Código Eléctrico Nacional.
- ASTM: Organismo Internacional de Normalización EEUU.
- ICEA: Asociación de Fabricantes Eléctricos.
- NEMA: Asociación de Fabricantes Eléctricos.
- NTE-IET: Norma Tecnológica de Edificación.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. (MEER, 2011, p. 14)

**b) Especificaciones técnicas generales para obras civiles de las cámaras eléctricas**

- La cámara eléctrica será diseñada solo para uso de energía eléctrica.
- Será construida en un lugar de fácil acceso.
- Deberá satisfacer las necesidades para las cuales está construida.
- Soportará los esfuerzos externos, además tendrá resistencia al fuego y al agua. (MEER, 2011, p. 15)

**c) Dimensiones**

Las dimensiones interiores que adoptará la cámara eléctrica dependerán de la potencia, número de transformadores y de las medidas de los equipos que se requieran instalar, respetando las distancias mínimas de las personas que trabajen en las mismas. (MEER, 2011, p. 15)

- **Parámetros y consideraciones para determinación de las dimensiones de las cámaras eléctricas**

En la Tabla 16, se aprecian las dimensiones interiores mínimas que deben considerarse en las cámaras eléctricas que alojan transformadores de 250 hasta 800 KVA.

Tabla 16. Dimensiones interiores mínimas de las cámaras eléctricas con transformadores de 250 hasta 800 KVA

Número de transformadores	Voltaje nominal en MT	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	420	540	300
2	< 24 kV	420	600	300

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 15)*

En la Tabla 17, se aprecian las dimensiones interiores mínimas que deben considerarse en las cámaras eléctricas que alojan transformadores con potencias menores a 250 KVA.

Tabla 17. Dimensiones interiores mínimas de las cámaras eléctricas con transformadores menores de 250 KVA

Dimensiones mínimas (m)			
Largo	Ancho (Transformador Monofásico)	Ancho (Transformador Trifásico)	Alto
3	2,2	3,7	300

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 15)*

#### **d) Equipos a instalarse**

Cada uno de los equipos que se requieran instalar en las cámaras eléctricas, deberán ser de tipo sumergible, cumpliendo con las respectivas especificaciones que expresa la Norma NEC – Artículo 923-7b. (MEER, 2011, p. 16)

- **Equipos de maniobra y protección**

Las cámaras subterráneas tendrán diferentes equipos de seccionamiento y protección como: módulos premoldeados, barrajes desconectables e interruptores de MV aislados en SF6. (MEER, 2011, p. 16)

- **Transformadores**

Los transformadores a instalarse en las cámaras eléctricas deberán ser del tipo sumergibles, mientras que, en las cámaras a nivel, se ocuparán transformadores tipo seco. (MEER, 2011, p. 17)

#### **4.4.2.5. Interruptores para redes subterráneas**

En la Tabla 18, se observan las especificaciones particulares de los interruptores de distribución subterránea.

Tabla 18. Especificaciones particulares de interruptores de distribución subterránea

Especificaciones particulares de interruptores de distribución subterránea				
Tipo de interruptor	Voltaje máximo de diseño (kV)	Frecuencia Nominal (Hz)	Corriente Nominal (A)	Aislamiento



Interruptor para 15 kV	15.5	60	630	SF6-Norma ASTM D2472
Interruptor para 27 kV	27	60	630	SF6-Norma ASTM D2472

*Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 168, 173)*

#### **4.4.2.6. Transición de red aérea a subterránea**

Para realizar la transición de red aérea a subterránea, se usará un poster de altura mínima de 12 m cuando se trata de MV y 10 m cuando sea para BV, por otro lado, los cables que se utilicen deberán pasar por una tubería rígida de acero galvanizado. (MEER, 2011, p. 58)

“En toda transición se instalará puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopoles de medio voltaje, debidamente instalados con todos los elementos que los proveedores recomiendan”. (MEER, 2011, p. 58)

##### **a) Transición subterránea de Medio Voltaje**

La transición subterránea de medio voltaje que se derive de redes aéreas incluirá:

- Estructura con dos crucetas para instalación de seccionadores tipo abierto y pararrayos.
- Estructura con dos crucetas para instalación de seccionadores tipo abierto y pararrayos.
- Estructura con una cruceta para sujeción de los cables de MV.
- Kit para sujeción de los cables.
- Cable de cobre desnudo, cableado suave #2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- El conductor de puesta a tierra de los pararrayos se alojará dentro del poste.
- Seccionadores tipo abierto.
- Punta terminal tipo exterior, seleccionada según el voltaje de la red y el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Conector de cobre, tipo espiga u ojo, seleccionado según el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores de la transición.

- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro de 4", asegurada al poste con cinta metálica y hebillas, de acero inoxidable, La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo-cable.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir el pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínimo 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15,87 mm (5/8") de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica. (MEER, 2011, pp. 58-59)

#### **b) Transición subterránea de Bajo Voltaje**

- La transición subterránea de bajo voltaje que se deriven de redes aéreas incluirá:
- Cable de cobre desnudo, cableado suave #2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores de la transición.
- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 2", asegurada al poste con cinta metaliza y hebillas, de acero inoxidable. La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo-cable.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir el pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínimo 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15,87 mm (5/8") de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica. (MEER, 2011, p. 59)

#### **4.4.2.7. Sistema de puesta a tierra para centros de transformación.**

Las partes metálicas de la cámara eléctrica que no transporten corriente se conectarán a tierra en las condiciones y en la forma prevista en la sección 250 de la norma NEC. (MEER, 2011, p. 30)

La malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir el piso destinado a la cámara. Esta será construida con cable desnudo de cobre suave #2/0 AWG. Se deberán utilizar soldadura exotérmica. A la malla de tierra se deberán instalar varilla de acero recubierta de cobre de 2,40 m por 5/8” de diámetro. El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra. La resistencia de la malla de puesta a tierra medida de la cámara debe ser menor o igual a 5 ohmios (Para subestaciones de MV pequeñas según norma IEEE). (MEER, 2011, p. 30)

En el punto de conexión del conductor de puesta a tierra a la malla se deben dejar cajas de inspección o pozos de inspección de libre acceso, donde se pueda medir, revisar y mantener la resistencia de la malla. Esta caja o pozo de inspección será un cuadrado o un círculo de mínimo 30 cm de lado o 30 cm de diámetro, esto se construirá donde el nivel freático lo permita. (MEER, 2011, p. 30)

Si la cámara está construida sobre un piso alto, debe existir una malla o anillo perimetral que garantice una superficie equipotencial, instalando las varillas fuera del local, en un sitio donde se garantice una buena puesta a tierra, conectando la malla y las varillas mediante conductor de puesta a tierra a través de ducto independiente. (MEER, 2011, p. 30)

Los elementos que se deben conectar a tierra en una cámara son los siguientes:

- La pantalla metálica de los cables de MV.
- Los herrajes de soporte de los cables.
- Las celdas e interruptores de MV.
- El tanque y neutro del transformador.
- Los tableros de BV.
- Equipos de medición.
- Puertas metálicas.
- Ventanas · Rejillas.
- Escaleras. (MEER, 2011, p. 30)

#### 4.4.3. Norma francesa NF C 17-102 – protección contra el rayo

La Norma Francesa NF C 17-102, trata acerca de la protección contra los impactos directos de un rayo en estructuras con una altura inferior a 60 m, así mismo de las zonas abiertas como almacenamientos, áreas de ocio, etc. (AFNOR, 1995, p. 5)

##### 4.4.3.1. Evaluación del riesgo de impacto de un rayo.

Para la evaluación del riesgo de impacto de un rayo sobre una estructura, se deberán realizar los siguientes cálculos:

- Frecuencia esperada de impactos directos de rayos sobre una estructura (Nd).
- Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura (Nc).
- Selección del nivel de protección.

##### 4.4.3.1.1. Frecuencia esperada de impactos de rayo sobre una estructura.

Para determinar Nd, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10^{-6}/\text{año} \quad \text{Ec. ( 17)}$$

En donde:

Nd = Frecuencia esperada de impactos directos de rayos sobre una estructura.

Ng = Densidad anual media de impactos de rayo en la región donde está situada la estructura (número de impactos/año/km).

Ae = Superficie de captura equivalente de la estructura aislada (m).

C1 = Coeficiente relacionado con el entorno. (AFNOR, 1995, p. 36)

##### a) Superficie de captura equivalente

La superficie de captura equivalente para el caso de una torre, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ae = L \cdot W + 6H(L + W) + 9\pi H^2 \quad \text{Ec. ( 18)}$$

En donde:

Ae = Superficie de captura equivalente de la estructura aislada (m<sup>2</sup>).

L = Largo (m).

W = Ancho (m).

H = Altura (m). (AFNOR, 1995, pp. 37, 38)

##### b) Coeficiente relacionado con el entorno

El coeficiente relacionado con el entorno se lo determina mediante la Tabla 19.

Tabla 19. Coeficiente relacionado con el entorno C1

Coeficiente C1	
Situación relativa de la estructura	C1
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructura o árboles de la misma altura o más alto.	0,5
Estructura rodeada de estructuras más bajas.	0,75
Estructura aislada	1
Estructura aislada situada sobre una colina o promontorio	2

Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 37)

#### 4.4.3.1.2. Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura

La frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$N_c = \frac{5,51^{-3}}{C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \quad \text{Ec. ( 19)}$$

En donde:

$N_c$  = Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura.

$C_2$  = Coeficiente de estructura Tabla 20.

$C_3$  = Contenido de la estructura Tabla 21.

$C_4$  = Ocupación de la estructura Tabla 22.

$C_5$  = Consecuencias sobre el entorno Tabla 23. (AFNOR, 1995, p. 39)

En la Tabla 20, se muestran los valores del coeficiente de estructura  $C_2$ .

Tabla 20. Coeficiente de estructura  $C_2$

Coeficiente de estructura $C_2$			
Tejado	Metal	Común	Inflamable
Estructura			
Metal	0,5	1	2
Común	1	1	2,5
Inflamable	2	2,5	3

Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 39)

En la Tabla 21, se muestran los valores del contenido de la estructura  $C_3$ .

Tabla 21. Contenido de la estructura C3

Contenido de la estructura C3	
Sin valor o no inflamable.	0,5
Valor común o normalmente inflamable.	1
Gran valor o particularmente inflamable.	2
Valor excepcional, irremplazable o muy inflamable, explosivo.	3

*Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 39)*

En la Tabla 22, se muestran los valores de la ocupación de la estructura C4.

Tabla 22. Ocupación de la estructura C4

Ocupación de la estructura C4	
No ocupada.	0,5
No ocupada normalmente.	1
De difícil evaluación de pánico.	3

*Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 39)*

En la Tabla 23, se muestran los valores de la ocupación de la estructura C4.

Tabla 23. Consecuencias sobre el entorno C5

Consecuencias sobre el entorno C5	
Sin necesidad de continuidad en el servicio y ninguna consecuencia sobre el entorno.	1
Necesidad de continuidad en el servicio y ninguna consecuencia sobre el entorno.	2
Consecuencias para el entorno.	3

*Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 39)*

#### **4.4.3.1.3. Selección del nivel de protección.**

Antes de determinar el nivel de protección, se debe evaluar si el sistema lo requiere o no, para ello se utilizan las siguientes expresiones:

Si  $N_d < N_c$  = El sistema de protección no es necesario

Si  $N_d > N_c$  = El sistema de protección es necesario (AFNOR, 1995, p. 39).

En el caso de que se cumpla la segunda condición, el nivel de protección se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad \text{Ec. ( 20)}$$

En donde:

E = Nivel de protección.

Nc = Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura.

Nd = Frecuencia esperada de impactos directos de rayos sobre una estructura (AFNOR, 1995, p. 40).

Con el resultado de E, se selecciona el nivel de protección correspondiente mediante la Tabla 24.

Tabla 24. Niveles de protección

Eficiencia calculada (E)	Niveles de protección		
	Nivel de protección correspondiente	Corriente pico I (kA)	Distancia de cebado D (m)
E < 0,98	Nivel 1 + medidas adicionales	-	-
0,95 < E < 0,98	Nivel 1	2,8	20
0,80 < E < 0,95	Nivel 2	9,5	45
0 < E < 0,80	Nivel 3	14,7	60

Nota. Fuente: (AFNOR, 1995, p. 40)

El pararrayo a seleccionar deberá cumplir con el nivel de protección calculado (AFNOR, 1995, p. 40).

#### 4.4.4. Puesta a tierra - Norma IEEE 80 – 2000

##### 4.4.4.1. Método de cálculo de la puesta a tierra – Norma IEEE 80 – 2000.

Para el dimensionamiento de una puesta a tierra mediante la Norma IEEE 80 – 2000 se realiza el siguiente proceso:

##### a) Resistividad del terreno

La resistividad del terreno es afectada por la humedad, temperatura ambiente y el contenido químico. (Ramírez & Cano, 2010, p. 28)

En la Tabla 25, se muestran los tipos de suelo y sus rangos de resistividad.

Tabla 25. Rango de resistividades de los suelos

Tipo de suelo	Rango de Resistividad ( $\rho_s$ )
	( $\Omega \cdot m$ )
Lama	5 – 100

Humus	10 – 150
Limo	20 – 100
Arcillas	80 – 330
Tierra de jardín	140 – 480
Caliza fizurada	500 – 1 000
Caliza compacta	1 000 – 5 000
Granito	1 500 – 10 000
Arena común	3 000 – 9 000
Basalto	10 000 – 20 000

*Nota. Fuente:* (Ramírez & Cano, 2010, pp. 28, 29)

### **b) Tensiones de paso y contacto máximos tolerables**

Una puesta a tierra deberá prevenir las cantidades críticas de energía de choque, comúnmente estos cálculos serán realizados tomando en cuenta un cuerpo humano de 50 kg. (Ramírez & Cano, 2010, p. 35)

El factor de reducción ( $C_s$ ) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_s = 1 - \frac{0,09(1 - \left(\frac{\rho}{\rho_s}\right))}{2 \cdot h + 0,09} \quad \text{Ec. ( 21)}$$

En donde:

$C_s$  = Factor de reducción.

$\rho$  = Resistividad del suelo medidos ( $\Omega \cdot m$ )

$\rho_s$  = Resistividad de la capa superficial del suelo ( $\Omega \cdot m$ )

$h$  = Profundidad de enterramiento del conductor de la malla. (Ramírez & Cano, 2010, p. 103)

La tensión tolerable de paso ( $V_p$ ) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_p = \frac{(1\,000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}} \quad \text{Ec. ( 22)}$$

En donde:

$V_p$  = Tensión tolerable de paso.

$C_s$  = Factor de reducción.

$\rho_s$  = Resistividad de la capa superficial del suelo ( $\Omega \cdot m$ )

$t_f$  = Tiempo de despeje de la falla (s). (Ramírez & Cano, 2010, p. 103)



La tensión tolerable de contacto ( $V_c$ ) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{(1\,000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}} \quad \text{Ec. ( 23)}$$

En donde:

$V_c$  = Tensión tolerable de contacto.

$C_s$  = Factor de reducción.

$\rho_s$  = Resistividad de la capa superficial del suelo ( $\Omega \cdot m$ )

$t_f$  = Tiempo de despeje de la falla (s). (Ramírez & Cano, 2010, p. 103)

### c) Configuración de la malla

Para la colocación de la malla de puesta a tierra, se deberán considerar las restricciones físicas y económicas del diseño. En la Tabla 26, se detallan las distancias, profundidades y calibres de la misma.

Tabla 26. Geometría de la malla de puesta a tierra

Geometría de la malla	
Espaciamientos típicos entre conductores (D)	15 m > D 3 m
Profundidades típicas (h)	1,5 m > h ≥ 0,5 m
Calibres típicos de conductores (ACM)	500 MCM > ACM ≥ 2/0 AWG

*Nota. Fuente:* (Ramírez & Cano, 2010, p. 27)

### d) Longitud del conductor horizontal

La longitud del conductor horizontal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_c = M_1 \cdot L_1 + M_2 \cdot L_2 \quad \text{Ec. ( 24)}$$

En donde:

$L_c$  = Longitud de conductor horizontal (m).

$L_1$  = Largo de la malla (m).

$M_1$  = Número de conductores a lo largo.

$M_2$  = Número de conductores a lo ancho.

$L_2$  = Ancho de la malla (m). (Ramírez & Cano, 2010, p. 104)

### e) Longitud total del conductor

La longitud total del conductor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$LT = Lc + N \cdot Lv \quad \text{Ec. ( 25)}$$

En donde:

LT = Longitud total del conductor (m).

Lc = Longitud de conductor horizontal (m).

N = Número de electrodos por varilla.

Lv = Longitud del electrodo por varilla (m). (Ramírez & Cano, 2010, p. 104)

#### f) Resistencia de la malla de puesta a tierra

En la Tabla 27, se muestran los valores de la resistencia de la malla recomendados, los cuales dependen del campo en el cual se la utilice. (Ramírez & Cano, 2010, p. 37)

Tabla 27. Valores máximos de resistencia de puesta a tierra

Utilización	Valor máximo de resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )
Estructuras de líneas de transmisión	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1
Subestaciones de media tensión de uso exterior en poste	10
Subestaciones de media tensión de uso interior	10
Protección contra rayos	4
Neutro de acometida en baja tensión	25
Descargas electrostáticas	25
Equipos electrónicos sensibles	5

Nota. Fuente: (Ramírez & Cano, 2010, p. 37)

La resistencia de la malla de puesta a tierra se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Rg = \rho \cdot \left[ \frac{1}{LT} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad \text{Ec. ( 26)}$$

En donde:

Rg = Resistencia de la malla de puesta a tierra ( $\Omega$ ).

LT = Longitud total del conductor (m).

$A = \text{Área ocupada por la mala de tierra (m}^2\text{)}$

$h = \text{Profundidad de enterramiento del conductor de la malla.}$

### **g) Corrección del suelo**

Para el caso en el que la resistencia de puesta a tierra sobrepase los límites permitidos para su utilización, se procederá a modificar el tipo de suelo y nuevamente realizar los cálculos. (Ramírez & Cano, 2010, p. 37)

## **4.5. Software Dialux Evo ®**

DIALux evo ® es un software gratuito diseñado para la creación, cálculo y simulación de proyectos de iluminación interior y exterior. Posee librerías de casi todos los fabricantes de luminarias existentes, lo que permite obtener un proyecto con visualizaciones fotorrealistas.

DIALux evo ® mediante su cálculo energético, evalúa los requerimientos lumínicos del proyecto para asegurar el cumplimiento de las normas vigentes a nivel nacional e internacional. (Universidad Complutense Madrid, n.d., p. 1)

### **4.5.1. Herramientas del Software DIALux evo ®**

DIALux evo ® posee las siguientes herramientas:

#### **a) Proyecto**

Dentro de esta herramienta se encuentra toda la información del proyecto. En la Figura 35, se puede observar los espacios a completar como son: Nombre del proyecto, descripción corta, fecha, dirección, descripción larga, contactos, elaborado por e imagen del proyecto.

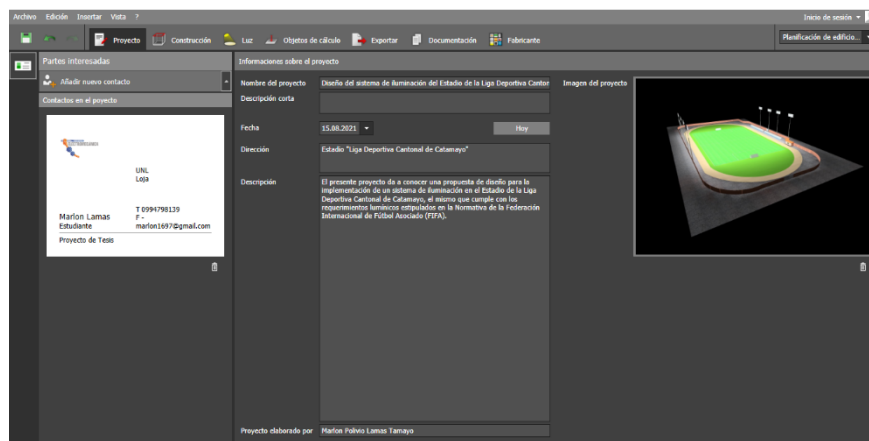


Figura 35. Herramienta "Proyecto" del Software DIALux evo ®

*Nota. Fuente: DIALux evo*

## b) Construcción

En la opción construcción existen varias herramientas que servirán para la construcción del proyecto, a continuación, se presentarán las más importantes:

- **Planos**

En esta herramienta, se carga el archivo CAD en el que se va a trabajar, adicionalmente se configura la escala, posicionamiento y las líneas que se puedan observar.

En la Figura 36, se observan los parámetros de esta herramienta.

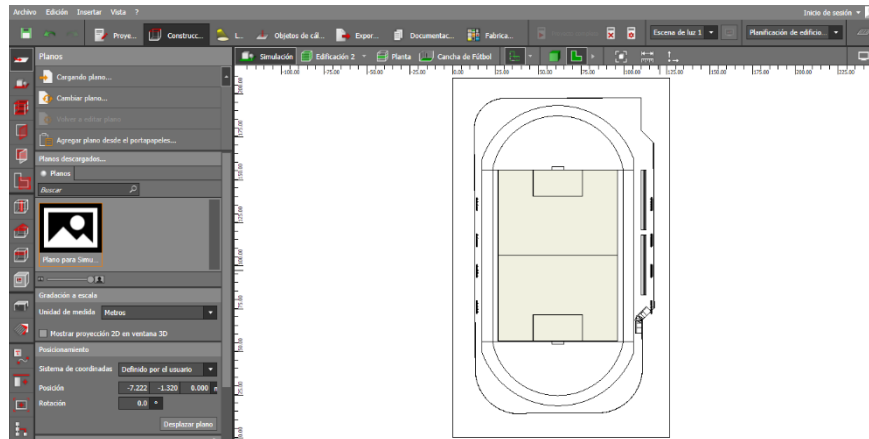


Figura 36. Herramienta "Planos" del Software DIALux evo ®

Nota. Fuente: DIALux evo ®

- **Construcción**

Con esta herramienta se obtiene un dibujo en 3D del proyecto, se pueden crear elementos de suelo rectangulares, circulares o poligonales, además, se agrega información acerca de la ubicación geográfica del lugar donde se ubica el proyecto.

En la Figura 37, se observar esta herramienta.

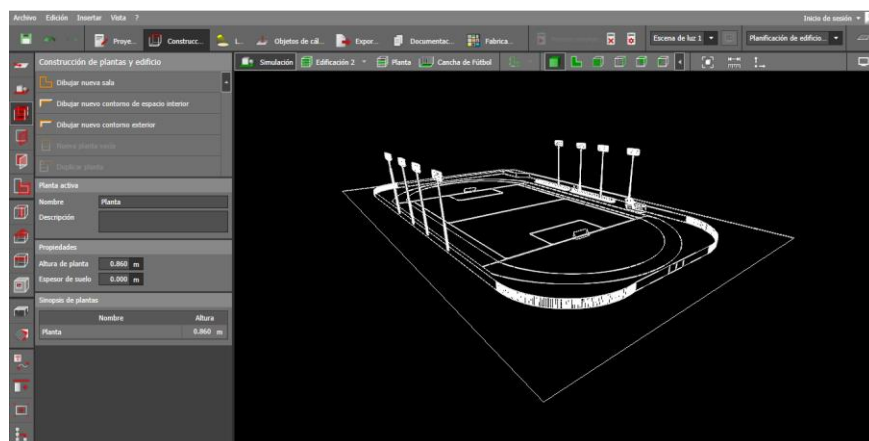


Figura 37. Herramienta "Construcción" del Software DIALux evo ®

Nota. Fuente: DIALux evo ®

- **Aberturas de edificio**

Con esta herramienta se puede agregar o posicionar ventanas y puertas al proyecto, así mismo configurar su altura y anchura.

En la Figura 38, se observan los parámetros de esta herramienta.

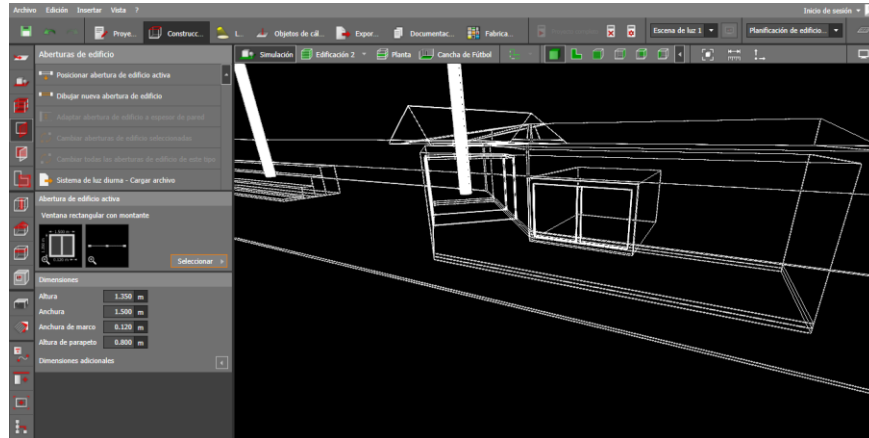


Figura 38. Herramienta "Aberturas de edificio" del Software DIALux evo ®  
*Nota. Fuente: DIALux evo ®*

- **Áreas**

Esta herramienta sirve para dibujar el área sobre la cual se va a realizar el cálculo lumínico, en la que se tendrá que configurar ciertos parámetros como: nombre, descripción, aplicación del proyecto, plano útil y mantenimiento.

En la Figura 39, se observan los parámetros de esta herramienta.

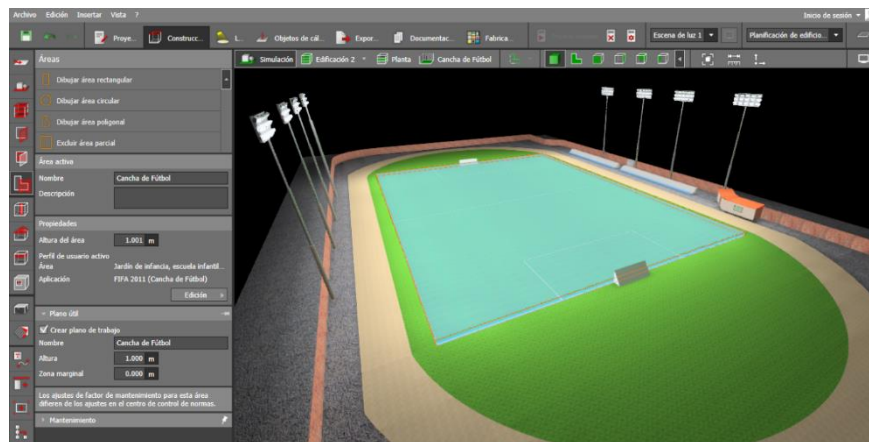


Figura 39. Herramienta "Áreas" del Software DIALux evo ®  
*Nota. Fuente: DIALux evo ®*

- **Materiales**

Esta herramienta permite agregar los diferentes materiales y colores para el acabado estético del proyecto.

En la Figura 40, se observan los catálogos de materiales y colores que se encuentran en esta herramienta.

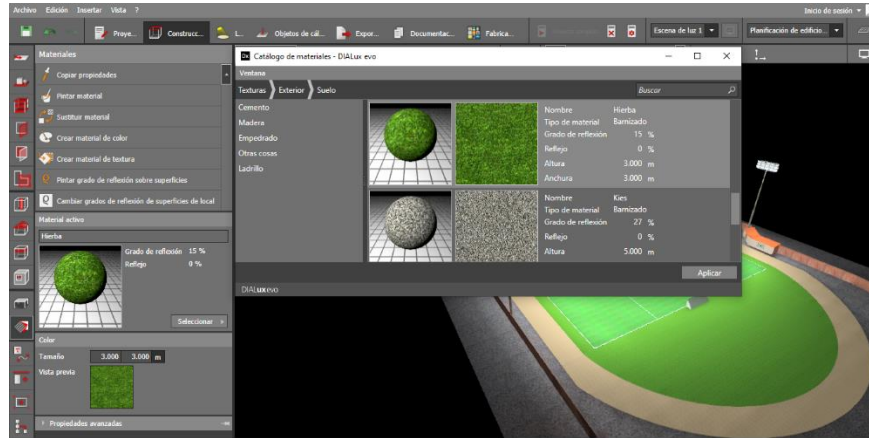


Figura 40. Herramienta "Materiales" del Software DIALux evo ®

Nota. Fuente: DIALux evo ®

- c) **Luz**

En la opción luz existen varias herramientas que servirán para agregar y configurar las luminarias que se instalarán en el proyecto, a continuación, se presentarán las más importantes:

- **Luminarias**

Esta herramienta sirve para agregar las luminarias al proyecto. En la misma se configura su disposición, rotación y cantidad. Además, se detallan las características luminotécnicas de las luminarias instalada.

En la Figura 41, se observan los parámetros de esta herramienta.

Como se mencionó anteriormente, DIALux evo ® posee varios catálogos de fabricantes de luminarias, los mismos se muestran en la Figura 42.

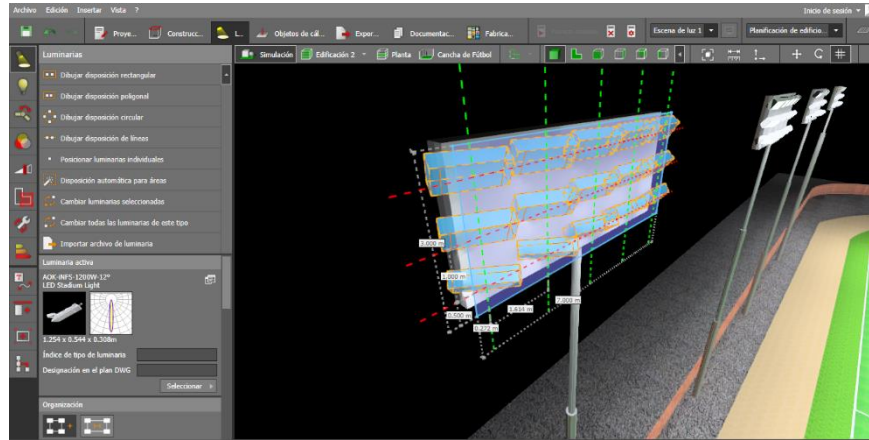


Figura 41. Herramienta "Luminarias" del Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

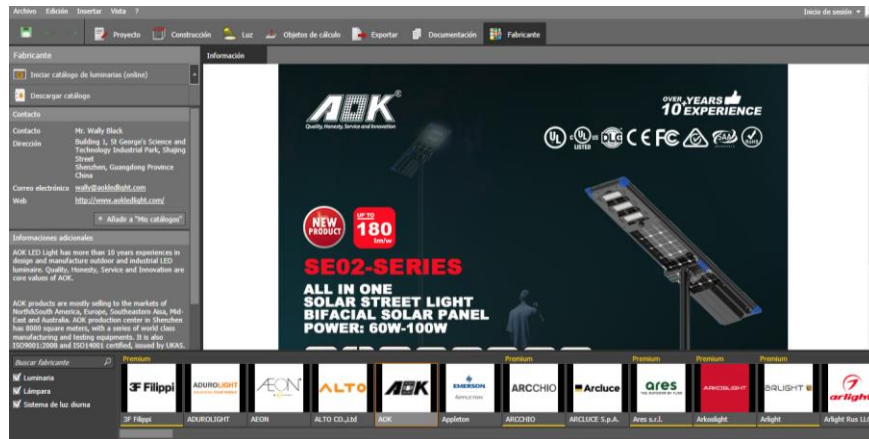


Figura 42. Catálogos de luminarias del Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

- **Editar articulaciones**

Esta herramienta permite configurar el punto de proyección de cada luminaria para así aprovechar el flujo luminoso de la misma.

En la Figura 43, se observan los parámetros de esta herramienta.

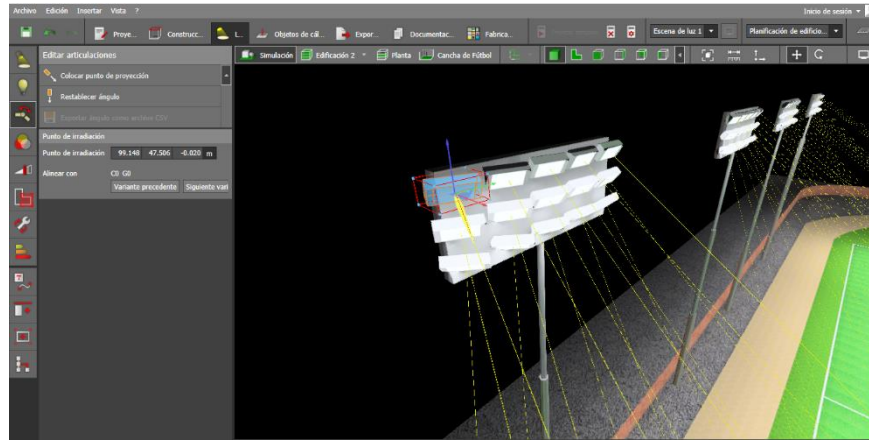


Figura 43. Herramienta "Editar articulaciones" del Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

#### d) Objetos de cálculo

Esta herramienta permite dibujar y posicionar el área sobre la cual se realizará el cálculo lumínico. Se configurará de tal forma que se consigan los resultados de las variables expuestas en las normas de iluminación.

En la Figura 44, se observan los parámetros de esta herramienta.

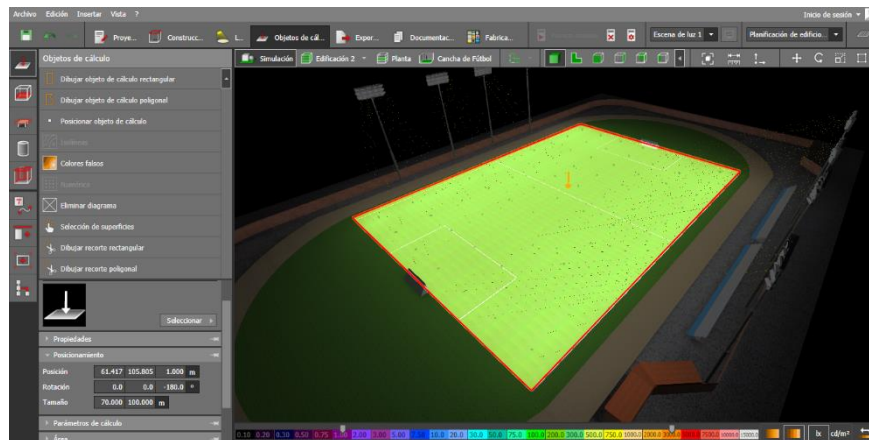


Figura 44. Herramienta "Objetos de cálculo" del Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

#### e) Documentación

Con esta herramienta se obtiene el informe final de la simulación, en el que se presentan las áreas de cálculo, los datos lumínicos de la luminaria y los resultados del cálculo realizado por el programa, se podría considerar como un documento general de todos los aspectos constructivos del sistema de iluminación.

En la Figura 45, se observa esta herramienta.



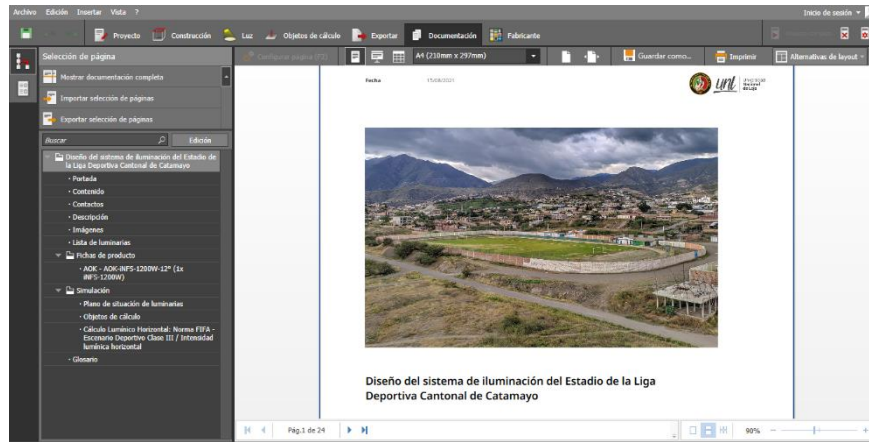


Figura 45. Herramienta "Documentación" del Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

#### 4.5.2. Configuración del software DIALux evo ® para simular el diseño lumínico de escenarios deportivos

Para simular un escenario deportivo mediante el uso del software DIALux evo ®, se debe realizar la respectiva configuración del mismo, para que los resultados reflejen el cumplimiento o no de las normas de iluminación nacionales e internacionales. A continuación, se detallan una serie de pasos que se realizan antes de efectuar el cálculo lumínico:

Una vez que tenemos el plano construido en 3D, vamos a la herramienta construcción y seleccionamos la opción “Áreas”.

En esta parte dibujamos todo el contorno del espacio en el que vamos a realizar el cálculo, para el caso actual se selecciona el contorno de la cancha de fútbol. Tal y como se observa en la Figura 46.

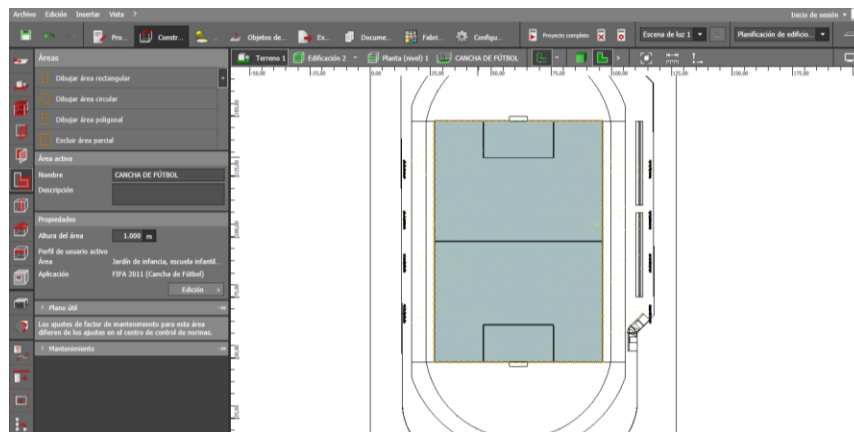


Figura 46. Área para el cálculo lumínico en el Software DIALux evo ®  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

Dentro de la misma herramienta, seleccionamos la opción “Propiedades”, seguidamente se despliega una ventana en la que debemos seleccionar el perfil de uso, es decir, la aplicación del sistema de iluminación. Tras haber determinado su aplicación, procederemos a configurar los valores lumínicos que se deberán cumplir, dichos valores son independientes para cada caso.

En la Figura 47, se muestra este proceso

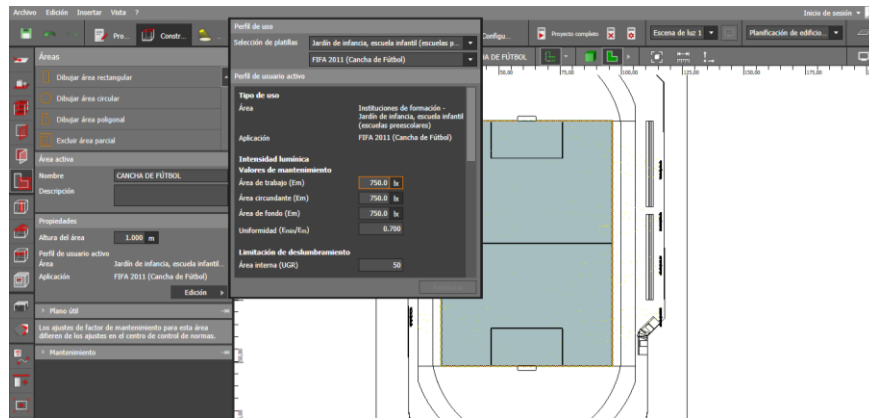


Figura 47. Configuración de los valores lumínicos que se deberán cumplir en la simulación mediante el Software DIALux evo®

*Nota. Fuente: DIALux evo®*

Por último, nos dirigimos a la opción “Proyecto completo”, en la que se realizará el cálculo lumínico del diseño. Esto puede demorar unos cuantos minutos dependiendo del número de áreas de cálculo. Como se puede observar en la Figura 48, el cálculo lumínico ha finalizado determinando el cumplimiento de los valores de luminancia antes configurados.

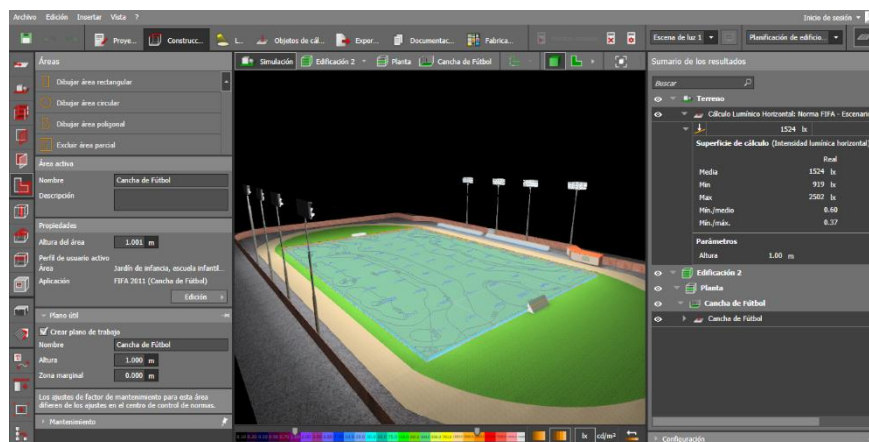


Figura 48. Resultados del cálculo lumínico en el Software DIALux evo®

*Nota. Fuente: DIALux evo®*

## **4.6. Torres para el Montaje de Alumbrado de Escenarios Deportivos**

### **4.6.1. Tipos de torres**

Los postes para el montaje de alumbrado de escenarios deportivos se clasifican de acuerdo al material empleado en su fabricación, siendo de hormigón, metal y plástico. (INEN, 1987, p. 11)

#### **4.6.1.1. Torres de hormigón.**

Estos postes son construidos de hormigón armado u hormigón pretensado, no es necesario que se les realicen ningún mantenimiento, sin embargo, sus dimensiones y acabados deben ser correctos para que puedan sostener los brazos de soporte y las luminarias. (INEN, 1987, p. 11)

#### **4.6.1.2. Torres metálicas.**

Estos postes son construidos de acero o de aluminio, su forma puede ser cilíndrica o cónica. Para el caso de los postes de acero, antes de su instalación deberán ser tratados con una capa de protección para la corrosión, mientras que, los de aluminio no necesitan ningún mantenimiento, pero deben protegerse contra la electrólisis. (INEN, 1987, p. 11)

#### **4.6.1.3. Torres de plástico.**

Estos postes son livianos y con una buena resistencia a la corrosión, pero carecen de rigidez, por lo cual se utilizan para alturas reducidas, por lo general de 3m a 6m. (INEN, 1987, p. 11)

### **4.6.2. Cálculo de cargas por viento**

#### **4.6.2.1. Velocidad instantánea máxima del viento.**

La velocidad instantánea máxima del viento se tomará en cuenta a una altura de 10 m, este valor deberá ser mayor a 21 m/s (75 km/h). (MIDUVI, 2015, p. 14)

#### **4.6.2.2. Velocidad corregida del viento.**

La velocidad instantánea máxima del viento se corregirá con el factor  $\sigma$ , el mismo que depende de la altura del edificio y las características topográficas de su ubicación. (MIDUVI, 2015, p. 14) En la Tabla 28, se detallan los valores del coeficiente de corrección ( $\sigma$ ), diferenciándose en sus tres categorías A, B y C.

Tabla 28. Coeficiente de corrección,  $\sigma$

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción Baja (Categoría B)	Zona Edificada (Categoría C)
---------------	----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

5	0,91	0,86	0,80
10	1,00	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Categoría A: Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría B: Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10 m.

Categoría C: Zonas urbanas con edificios de altura.

*Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011, p. 11)*

La ecuación para obtener el nuevo valor de la velocidad corregida del viento es la siguiente:

$$V_h = V \cdot \sigma \quad \text{Ec. ( 27)}$$

En donde:

$V_h$  = Velocidad corregida del viento (km/h).

$V$  = Velocidad instantánea máxima del viento (km/h), registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

$\sigma$  = Coeficiente de corrección.

#### 4.6.2.3. Cálculo de la presión del viento.

Para calcular la presión del viento sobre el poste, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f \quad \text{Ec. ( 28)}$$

En donde:

$P$  = Presión de cálculo (Pa o N/m<sup>2</sup>).

$\rho$  = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>).

$V_b$  = Velocidad básica del viento (m/s).

$C_e$  = Coeficiente de entorno/altura.

$C_f$  = Coeficiente de forma.

Como consideraciones generales se tiene:

Para la densidad del aire se puede hacer uso de un valor de 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

Para la velocidad básica del viento, que es una velocidad media del viento a lo largo de 10 minutos medida a una altura de 10 metros sobre el suelo, se puede optar por un valor de 75 km/h.

El coeficiente de entorno/altura que es un valor que toma en cuenta el grado de exposición de un elemento con respecto al viento, se puede obtener de la Tabla 29.

Tabla 29. Coeficiente de entorno/ altura  $C_e$

Entorno del edificio	Altura elemento sobre el nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades.	1,63	1,63	1,63	1,63	1,68	2,15
Zonas Urbanas.	1,63	1,63	1,63	1,96	2,32	2,82
Zonas Rurales.	1,63	1,63	1,89	2,42	2,75	3,20
Terreno abierto sin obstáculos.	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47

*Nota. Fuente: (Rodríguez Reinoso, 2015, p. 68)*

El coeficiente de forma, se lo obtiene de la Tabla 30, depende de la ubicación del elemento dentro de la fachada. (MIDUVI, 2011, pp. 11, 12)

Tabla 30. Factor de forma,  $C_f$

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios.	+0,8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento.	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica.	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular.	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°.	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos.	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° o menos.	+0,7,-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical.	+0,8	-0,6
El signo positivo (+) indica presión.		
El signo negativo (-) indica succión.		

*Nota. Fuente: (MIDUVI, 2011, p. 12)*

## 5. Metodología

### 5.1. Materiales

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se utiliza los siguientes materiales:

- Software DIALux Evo ®.
- Software AutoCAD 2020 ®.
- Geo portal de la EERSSA (ArcGIS).
- Microsoft Word 2016.
- Microsoft Excel 2016.
- Microsoft Power Point 2016.

### 5.2. Métodos

En esta sección se presenta una descripción de la metodología utilizada para la elaboración del proyecto de tesis.

#### a) Fotometría de luminarias de escenarios deportivos

Para el análisis de fotometría de luminarias de escenarios deportivos, se realizó una búsqueda de literatura técnica, en los que se exponga tipos, características y parámetros de las curvas fotométricas.

#### b) Selección de las luminarias y ubicación de las torres de iluminación

Para la selección de las luminarias, se empleó la Normativa de la FIFA, la misma que permitió determinar la clase a la que pertenece el escenario deportivo y los niveles de iluminación necesarios. Seguidamente se analizaron diferentes catálogos de luminarias, de los cuales se eligió la que mejor características lumínicas presente. Así mismo para la ubicación de las torres en las que se instalarán las luminarias, se empleó la normativa de la FIFA, en la cual se establece el número y ubicación de cada torre de acuerdo a la clase a la que pertenece el escenario deportivo.

#### c) Simulación del sistema de iluminación

En conjunto con la simulación, se realizaron los cálculos luminotécnicos de forma manual mediante el método de lúmenes, de modo que, con los resultados obtenidos, se realice una comparación con los del software DIALux evo ®.

#### d) Dimensionamiento del transformador y del circuito eléctrico

Para el dimensionamiento del transformador y el circuito eléctrico se utilizó el manual “Normas Técnicas Para el Diseño de Redes Urbanas y Rurales” que establece la Empresa

Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA), en el que se presenta el proceso para realizar el cálculo de la demanda máxima de diseño, las caídas de tensión admisibles y los conductores apropiados para el circuito.

**e) Obra civil y equipos del circuito eléctrico**

En cuanto a la obra civil y la selección de equipos eléctricos, se empleó la “Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica de Redes Subterráneas”, en la que detalla las especificaciones técnicas y constructivas que deban cumplir los mismos.

**c) Puesta a tierra**

La puesta a tierra se dimensionó considerando la Norma IEEE 80 – 200, determinando la configuración y equipos adecuados para la protección del sistema eléctrico.

**d) Análisis técnico económico**

Para el análisis técnico económico, se realizó una valoración de precios de los equipos y componentes del sistema de iluminación para luego determinar un costo total del proyecto.

En la Figura 49, se muestra el flujograma que se utilizó para el desarrollo del presente proyecto.

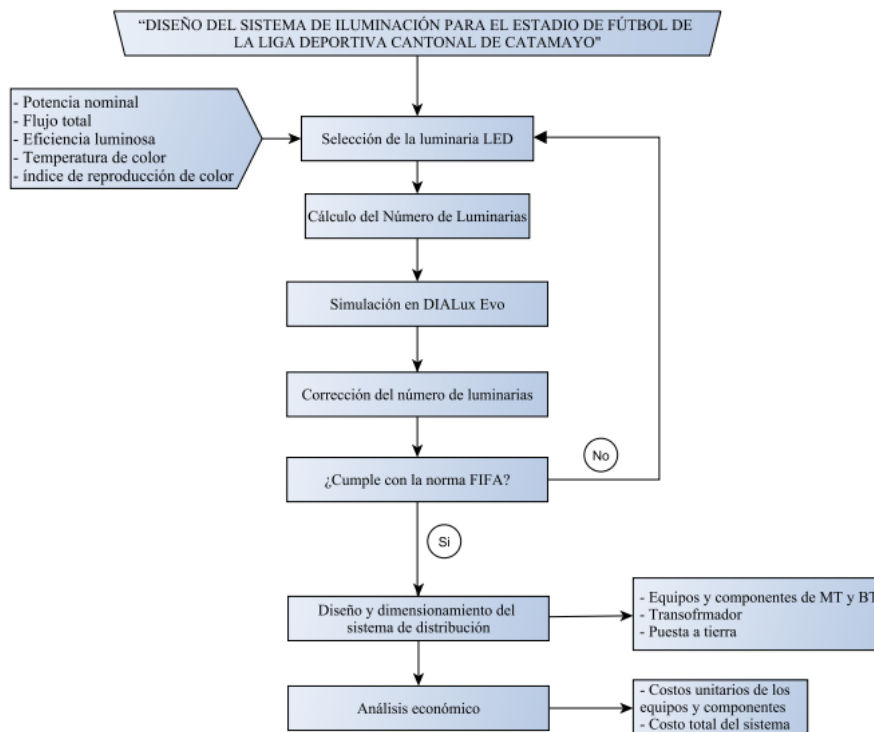


Figura 49. Flujograma del proceso de desarrollo del proyecto de tesis  
 Nota. Fuente: El Autor

## 6. Resultados

### 6.1. Cálculo Luminotécnico

Para el cálculo luminotécnico se realiza el método de lúmenes, el cual arroja valores aproximados a los reales, dichos valores son comprobados con los que se obtienen mediante la simulación en el software DIALux evo ®.

Los cálculos se presentan a continuación:

#### a) Nivel de iluminación

- Escenario Deportivo CLASE III – Eventos nacionales no televisados
- Iluminancia horizontal media: 750 lux
- Temperatura de color:  $T_k \geq 4\ 000\ K$
- Reproducción de color:  $R_a \geq 65\ \%$

#### b) Luminarias a utilizar

Tomando en cuenta el cumplimiento de la Normativa de la FIFA, la luminaria a utilizar será del tipo LED, marca AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT.

Sus características lumínicas son:

- Flujo total: 166 800 lm
- Eficiencia luminosa: 139 lm/W
- Temperatura de color: 5 500 K
- Reproducción de color: 80 %

En la Figura 50, se muestra la luminaria a utilizar.



Figura 50. Luminaria AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT

*Nota. Fuente: (AOK, 2022)*



A continuación, se presenta el cálculo teórico del número de luminarias a utilizar en el presente proyecto:

**a) Dimensiones del área a iluminar**

La cancha del estadio tiene las siguientes dimensiones:

- Largo: 100 m
- Ancho: 70 m
- Superficie: 7 000 m<sup>2</sup>

**b) Altura de las torres**

La FIFA estipula valores entre 25 ° y 45° para el ángulo que forma la altura de la torre con el centro del campo de fútbol.

Mediante la Ec. ( 1), se calcula la altura mínima.

$$H_{\text{mín}} \geq d \cdot \tan 25^\circ$$
$$H_{\text{mín}} \geq (35 + 19,8)\text{m} \cdot \tan 25^\circ$$
$$H_{\text{mín}} \geq 25,5 \text{ m}$$

Mediante la Ec. ( 2), se calcula la altura máxima

$$H_{\text{máx}} \leq d \cdot \tan 45^\circ$$
$$H_{\text{máx}} \leq (35 + 19,8)\text{m} \cdot \tan 45^\circ$$
$$H_{\text{máx}} \leq 54,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura de las torres estará comprendida entre 25,5 m y 54,8 m, para el caso del presente proyecto se utilizarán torres con una altura total de 25,5 m.

**c) Cálculo de la relación del local**

Mediante la Ec. ( 9), se obtiene un valor de relación del local de:

$$R_l = \frac{A \cdot L}{h(A + L)}$$
$$R_l = \frac{70 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}}{25,5 \text{ m} (70 \text{ m} + 100 \text{ m})}$$
$$R_l = 1,614$$

En la Tabla 7, el valor del local pertenece a un índice del local F.

**d) Cálculo del coeficiente de utilización**

El coeficiente de utilización se lo obtiene de la Tabla 8:

$$f_u = 0,43$$

### e) Cálculo del factor de mantenimiento

Considerando que la limpieza de las luminarias se realizará una vez al año y la suciedad sea normal, se tiene un factor de mantenimiento igual a:

$$f_m = 0,7$$

### f) Cálculo del número de luminarias

Mediante la Ec. ( 10), se obtiene un número de luminarias de:

$$N_{\text{luminarias}} = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot f_u \cdot f_m}$$
$$N_{\text{luminarias}} = \frac{750 \text{ lux} \cdot 7\,000 \text{ m}^2}{166\,800 \text{ lum} \cdot 0,43 \cdot 0,7}$$
$$N_{\text{luminarias}} = 104,567 \approx 105 \text{ luminarias}$$
$$\frac{N_{\text{luminarias}}}{\text{torre}} = \frac{105}{8} = 13,125 \approx 14 \frac{\text{luminarias}}{\text{torre}}$$

El cálculo anterior se refiere a un cálculo manual, es decir, un estimado para el proyecto de iluminación, el mismo que será analizado mediante la simulación en el software DIALux evo ®.

## 6.2. Selección del Sistema de Torres

Las torres del sistema de iluminación son determinadas mediante la normativa de la FIFA, en la que indica que, para escenarios deportivos de Clase III – Eventos nacionales no televisados el número de torres será de 8, las cuales se ubican de forma lateral al terreno de juego de tal manera que no afecten la visibilidad de los espectadores.

Las torres serán de sección circular construidas de acero S355 con un límite a la fluencia de  $355 \text{ N/mm}^2$  ( $36,224 \times 10^6 \text{ Kg/m}^2$ ).

En la parte superior se colocará una placa rectangular sobre la cual se instalarán las respectivas luminarias.

Los detalles de los componentes de las torres de iluminación se muestran en el plano del 0.

El cálculo de las fuerzas ejercidas por el viento hacia las torres se determina mediante la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), a continuación, se expone el procedimiento de cálculo efectuado:

Mediante la Ec. ( 28), se tiene:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

- La densidad ( $\rho$ ) del aire puede ser un valor constante de  $1.25 \text{ kg/m}^3$ .
- La velocidad máxima del viento ( $V_{\text{máx}}$ ) se toma del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, para este caso se tomó el de la Ciudad de Loja, debido a que no existe una estación meteorológica en Catamayo.
- La velocidad básica del viento ( $V_b$ ) se obtiene multiplicando la velocidad máxima del viento con el coeficiente de corrección de la Tabla 28.
- El coeficiente de entorno/altura ( $C_e$ ) se toma de la Tabla 29.
- El coeficiente de forma ( $C_f$ ) se toma de la Tabla 30.

En la Tabla 31, se muestran los resultados del cálculo de la presión del viento.

Tabla 31. Resultados de la presión del viento sobre las torres

H (m)	$\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$V_{\text{máx}}$ (m/s)	$V_b$ (m/s)	$C_e$	$C_f$	P (Pa)	P ( $\text{kg/m}^2$ )
10			12	2,35	0,8	169,2	17,25
19	1,25	12	12,65	2,76	1,5	372,6	37,99
25,5			12,98	2,96	1,5	399,6	40,74
28,5			13,12	3,04	1,5	410,4	41,84

*Nota. Fuente: El autor*

En la Figura 51, se muestra la distribución de las cargas producidas por el viento en cada una de las secciones de la torre de iluminación.

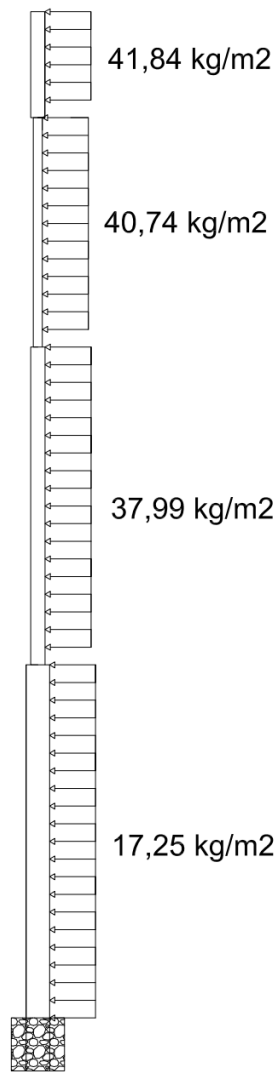


Figura 51. Distribución de las cargas producidas por el viento  
 Nota. Fuente: El autor

En la Tabla 32, se indican los datos de las torres, los cuales permitirán realizar los cálculos posteriores.

Tabla 32. Datos de las torres a emplear para el sistema de iluminación

Tramo	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo de acero	Límite a la fluencia (Kg/m <sup>2</sup> )
1	660,4	638,4		
2	406,4	386,4	S355	36,224 x10 <sup>6</sup>
3	254	236		

Nota. Fuente: El autor

Para el cálculo de la resistencia de la torre de iluminación, se consideran las cargas ocasionadas por el viento como cargas puntuales, esto se consigue al multiplicar el valor de la carga por la unidad de área en la que actúa, los resultados obtenidos en este momento de cálculo se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Cargas puntuales sobre las torres de iluminación

Tramo	Denominación	Magnitud (Kg)
1	F1	357,76
2	F2	436,50
3	F3	207,77
4	F4	878,64

Nota. Fuente: El autor

La distribución de las cargas puntuales se muestra en la Figura 52.

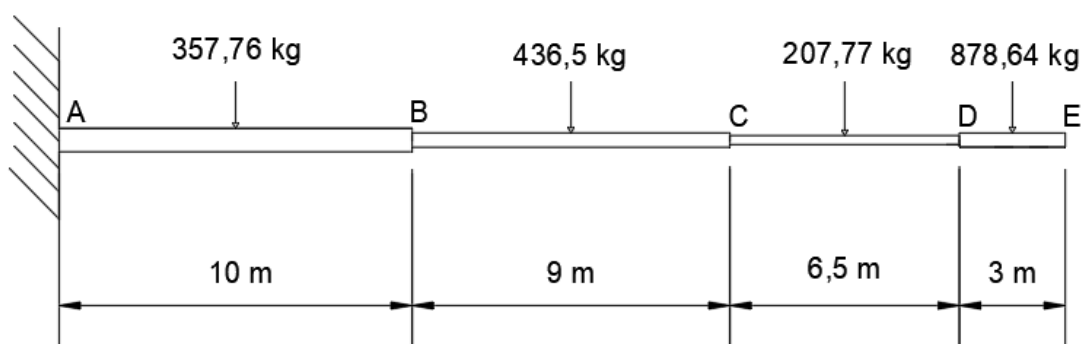


Figura 52. Cargas puntuales

Nota. Fuente: El autor

Mediante el cálculo de esfuerzos cortantes, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 34 y su diagrama en la Figura 53.

Tabla 34. Valores de los esfuerzos cortantes en cada sección

Sección	Esfuerzos cortantes (kg)
A-B	$V_A = 1\ 880,67$
	$V_B = 1\ 880,67$
B-C	$V'_B = 1\ 522,91$
	$V_C = 1\ 522,91$

	$V'_C = 1\ 086,41$
C-D	$V_D = 1\ 086,41$ $V'_D = 878,64$
D-E	$V_E = 878,64$ $V'_E = 0$

Nota. Fuente: El autor

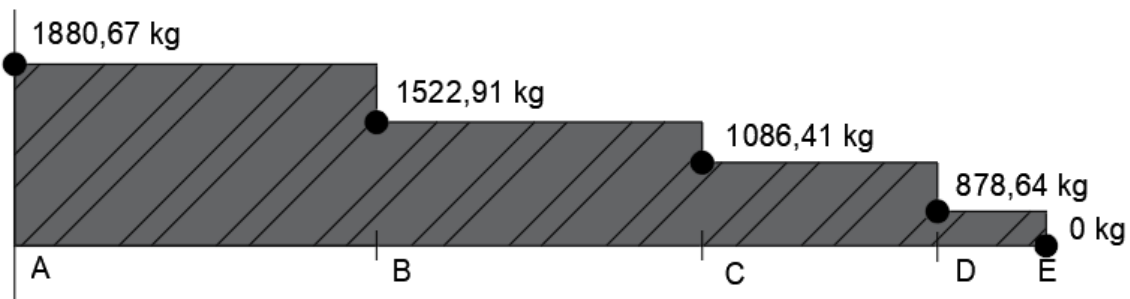


Figura 53. Diagrama de esfuerzos cortantes

Nota. Fuente: El autor

Mediante el cálculo de momentos flectores, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 35 y su diagrama en la Figura 54.

Tabla 35. Valores de los momentos flectores en cada una de las secciones

Sección	Momentos flectores (kg.m)
A-B	$M_A = 0$ $M_B = 9\ 403,35$
B-C	$M_C = 23\ 870,99$
C-D	$M_D = 32\ 290,66$
D-E	$M_E = 36\ 464,2$

Nota. Fuente: El autor

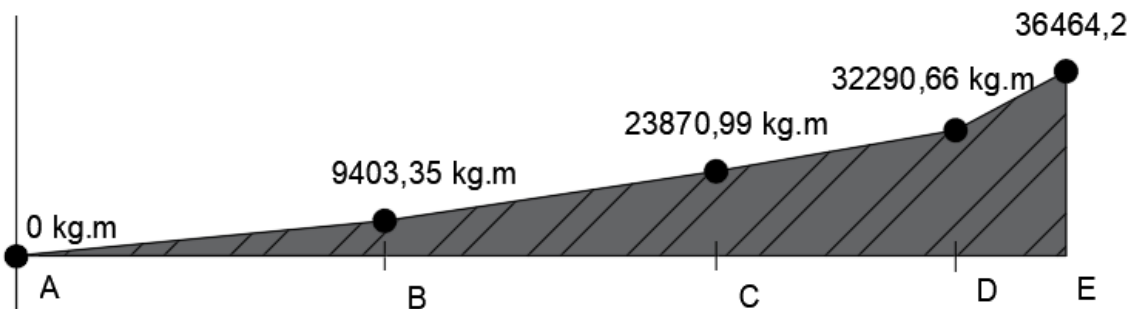


Figura 54. Diagrama de momentos flectores

Nota. Fuente: El autor

Una vez calculados los valores de momentos flectores, se procede a realizar la evaluación de resistencia del material.

Para el cálculo del esfuerzo de las torres, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\theta_{\text{máx}} = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. ( 29)}$$

En donde:

M: Momento Flector (Tabla 35).

S: Módulo de sección.

El módulo de sección para una viga tubular, se calcula mediante la siguiente de ecuación:

$$S = \frac{\pi}{4 \cdot R} \cdot (R^4 - r^4) \quad \text{Ec. ( 30)}$$

En donde:

R: Radio exterior de la torre (Tabla 32).

r: radio interior (Tabla 32).

En la Tabla 36, se muestran los resultados de los cálculos de esfuerzos y factor de seguridad de cada tramo.

Tabla 36. Resultados de esfuerzos y factor de seguridad

Tramo	Esfuerzo en cada tramo (N/mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo del material (N/mm <sup>2</sup> )	Factor de seguridad (Fs)
1	25,69		13,81
2	194,138	≤ 355	1,82
3	230,3		1,54

*Nota. Fuente: El autor*

Los resultados obtenidos indican que las estructuras serán seguras, ya que, el material con el que se construirán es capaz de soportar los esfuerzos producidos por el viento.

### 6.3. Simulación del Sistema de Iluminación

Para la simulación del sistema de iluminación se utilizó el software DIALux evo ®, mediante el cual se evaluó el cumplimiento de las especificaciones lumínicas que deberá tener un estado CLASE III de acuerdo a la Normativa de la FIFA.

La simulación determinó como resultado que se deberán ocupar un total de 15 luminarias por cada torre.

En la Figura 55 y la Figura 56, se muestra la simulación del estadio para la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, el mismo que posee 4 torres ubicadas lateralmente con respecto a la cancha de fútbol.



Figura 55. Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo

*Nota. Fuente: DIALux evo ®*

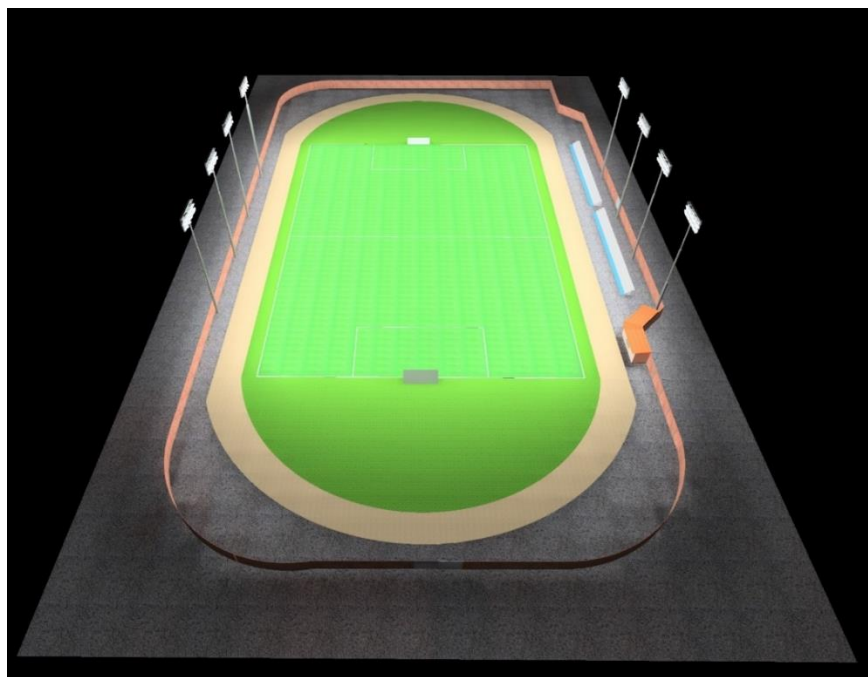


Figura 56. Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo

*Nota. Fuente: DIALux evo ®*



Adicionalmente, en la Figura 57, se muestra los resultados de la simulación en una representación de colores falsos, en la que se observan las áreas donde la luz incide con mayor o menor intensidad.

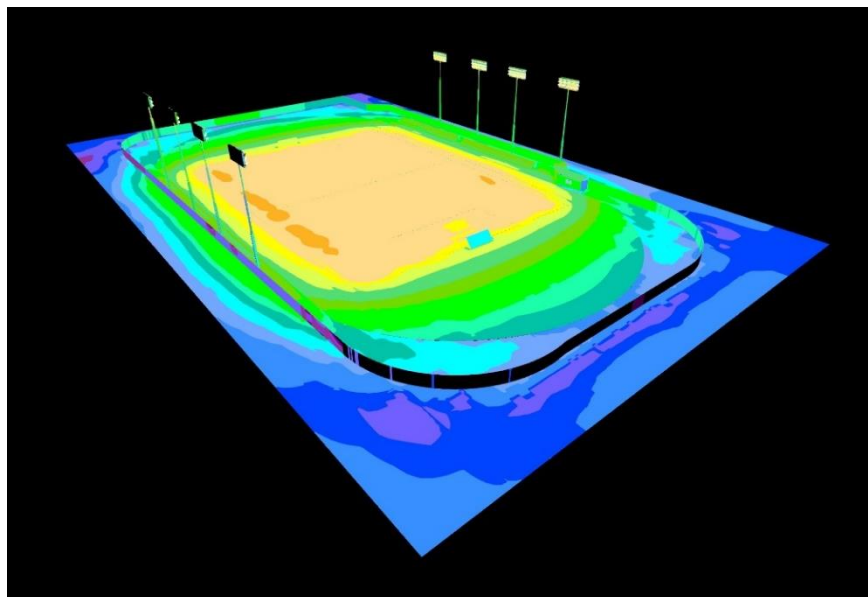


Figura 57. Sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo en colores falsos

*Nota. Fuente: DIALux evo* ®

Por último, en la Figura 58 y la Figura 59 , se observa el direccionamiento del punto de proyección de las luminarias, las mismas que deberán estar ubicadas de modo que, se aproveche la luz y se obtengan los valores de uniformidad expuestos en la Normativa de la FIFA.



Figura 58. Direccionamiento de la luz de las luminarias

*Nota. Fuente: DIALux evo* ®

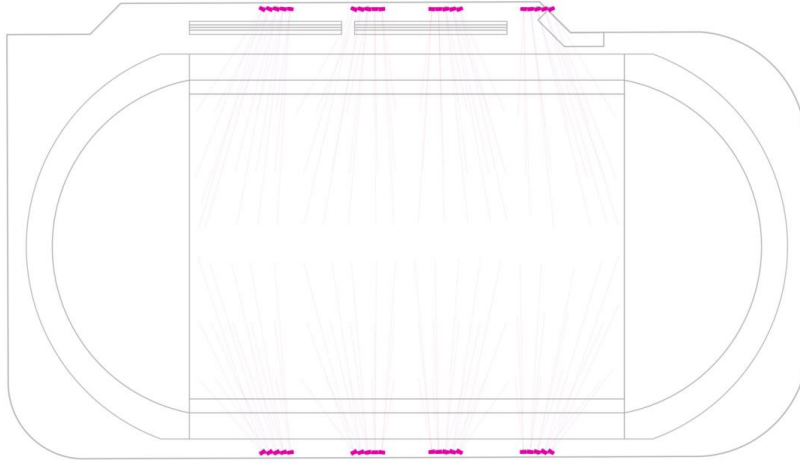


Figura 59. Direccionamiento de la luz en 2D  
 Nota. Fuente: DIALux evo ®

En el 0 se presenta la simulación del sistema de iluminación mientras que, en el 0 se observa el informe emitido por DIALux evo ®, donde se detalla la información del número, tipo y características de las luminarias, niveles de iluminación y uniformidad, vistas del proyecto, etc.

#### **6.4. Diseño y Dimensionamiento del Sistema de Distribución Eléctrico**

##### **6.4.1. Consideraciones generales**

A continuación, se presentan algunas consideraciones generales que se considera para la realización del sistema de distribución eléctrico:

- El diseño de la distribución eléctrica se realizará bajo las normas establecidas por la Empresa Eléctrica Regional de Sur S.A. (EERSSA).
- Los conductores y equipos eléctricos utilizados funcionarán dentro de los parámetros expuestos por la Empresa Eléctrica Regional de Sur S.A. (EERSSA).
- La red eléctrica del sistema de iluminación será subterránea.
- Para alimentar el transformador aéreo del sistema de iluminación, se proyectará una red de media tensión (trifásica) desde el poste #54855.

##### **6.4.2. Red de media tensión**

En la Figura 60, se muestra la situación actual de la red eléctrica presente en el sector donde se encuentra el estadio, por lo cual se deberá modificar la misma, instalando una red trifásica de media tensión. La red trifásica de MT se instalará desde el poste # 54855 hasta

los postes proyectados P1-P2 donde se ubicará el transformador que alimentará al sistema de iluminación.



Figura 60. Red eléctrica actual  
Nota. Fuente: (EERSSA, 2022)

En la red eléctrica actual, se realizarán las siguientes modificaciones:

- **Postes**

Los postes #54855, #55151, #213161, #213162, #212853, #213139, #55138, #55139, #55140, #55141 y #55067, serán sustituidos por postes de hormigón armado circulares de 12 m con carga de rotura horizontal de 500 kg.

- **Postes proyectados P1-P2**

Los postes proyectados serán del tipo circulares de hormigón armado de 12 m con carga de rotura horizontal de 500 kg.

En los postes proyectados se emplazará un transformador trifásico - convencional de 150 KVA, la estructura será del tipo H (en castillo).

- **Estructura en Media Tensión**

En el trayecto de los postes #54855, #55151, #213161, #213162, #212853, #213139, #55138, #55139, #55140, #55141, # 55067, P1-P2 se instalará una red de media tensión trifásica de 13,8 kV, con una estructura tipo EST-3CR.

La red de media tensión proyectada para el diseño, tendrá las siguientes características:

- **Subtipo:** Monofásico
- **Código de Estructura:** EST-3CR (trifásica, centrada, retención o terminal)
- **Voltaje:** 13,8 kV
- **Fase de Conexión:** ABC
- **Configuración:** 3F4C
- **Código Conductor Fase:** ACSR # 2
- **Código Conductor Neutro:** ACSR # 2

En el 0 se muestran los planos de la distribución eléctrica actual, mientras que en el 0 se observa la red eléctrica de media tensión proyectada.

#### **6.4.3. Transformador**

El transformador fue seleccionado mediante el proceso de cálculo que se encuentra en las especificaciones establecidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, información que se muestra en la memoria técnica del 0.

El transformador a instalar será del tipo trifásico - convencional de 150 KVA de potencia, el mismo que se ubicará en los postes P1-P2, mediante estructura tipo H (en castillo).

El identificador de la estructura del poste será TRT-3C (150).

En el 0 se observa el cálculo de la potencia del transformador.

En la Tabla 37, se muestra un resumen del cálculo de la demanda y la selección del transformador.

Tabla 37. Cálculo de la demanda y selección del transformador

Resumen General		
Demanda máxima unitaria proyectada (DMUp)	129 587,04	W
Factor de coincidencia (FC)	1,00	
Demanda máxima diversificada (DMD)	129,59	kW
Factor de potencia (FP)	0,92	
Demanda total de diseño (DTD)	140,86	KVA
Transformador comercial	150	KVA

*Nota. Fuente: El autor*

#### 6.4.4. Protección y seccionamiento

En el sistema de iluminación, se deberán instalar protecciones para salvaguardar la vida útil de los equipos del circuito. En la Tabla 38, se presentan las protecciones seleccionadas.

Tabla 38. Elementos de protección

Ubicación	Elementos de Protección		
	Protección	Capacidad	Cantidad
Transformador (Poste P1-P2)	Seccionador Fusible Unipolar Tipo Abierto	15 kV – 100 A – BIL 95 kV	3
Tablero de distribución general	Interruptor termomagnético	85 A – 3P	8
Tablero de distribución parcial	Interruptor termomagnético	30 A – 2P	24

*Nota. Fuente: El autor*

#### 6.4.5. Puestas a tierra

La puesta a tierra tendrá como consideración lo establecido por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), las Normas Técnicas para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales de la EERSSA y la Norma IEEE – 80.

Se instalará protección mediante puesta a tierra para los siguientes componentes del proyecto:

- Transformador trifásico de 150 KVA.
- Transición aérea a subterránea.
- Tablero General de Medición (TGM) y Tablero de Distribución Principal (TDP).
- Red de distribución subterránea del sistema de iluminación.
- Torres de iluminación.
- Luminarias LED.

##### 6.4.5.1. Puesta a tierra del transformador.

La puesta a tierra del transformador será del tipo PT0-0DC(2)\_(1), puesta a tierra en red secundaria desnuda – conductor de cobre.

El cable de puesta a tierra que se ubicará en la parte inferior de los postes, irá dentro de un tubo metálico tipo EMT de Ø 12,5 x 3 000 mm, sujetado al poste mediante cintas metálicas.

La varilla a ocupar será de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, con dimensiones de 16 x 1 800 mm (5/8 x 71”), conectada mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

#### **6.4.5.2. Puesta a tierra de la transición aérea a subterránea.**

En la transición de la red aérea a subterránea, se colocará una varilla de acero recubierta de Cu, con dimensiones de 16 x 1 800 mm (5/8 x 71”), conectada mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

#### **6.4.5.3. Puesta a tierra de los tableros TGM y TDP**

En los tableros TGM y TDP, se colocarán una varilla de acero recubierta de Cu, con dimensiones de 16 x 1 800 mm (5/8 x 71”), conectada mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

#### **6.4.5.4. Puesta a tierra de la red de distribución subterránea.**

En cada uno de los finales del circuito de la red de distribución subterránea, se instalará una varilla de acero recubierta de Cu, con dimensiones de 16 x 1 800 mm (5/8 x 71”), conectada mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

#### **6.4.5.5. Pararrayos de las torres de iluminación.**

Los pararrayos que protegerán las torres de iluminación, serán diseñados mediante la Norma Francesa N FC-17102.

El procedimiento de cálculo se expone a continuación:

##### **a) Superficie de captura equivalente (Ae)**

Mediante la Ec. ( 18), se obtiene una captura equivalente de:

$$Ae = L \cdot W + 6H(L + W) + 9\pi H^2$$

$$Ae = 0,6604 \text{ m} \cdot 0,6604 \text{ m} + 6 \cdot 28,5 \text{ m}(0,6604 \text{ m} + 0,6604 \text{ m}) + 9 \cdot \pi \cdot 28,5^2$$

$$Ae = 23 192,12 \text{ m}^2$$

El área efectiva es de 23 192,12 m<sup>2</sup>.

##### **b) Coeficiente relacionado con el entorno (C1)**

Mediante la Tabla 19, se determina un coeficiente de entorno C1= 1, correspondiente a una estructura aislada.

**c) Densidad anual media de impactos de rayo en Catamayo (Ng)**

El valor de Ng se lo obtiene mediante el mapa isoceráunico del Ecuador que se muestra en la Figura 61.

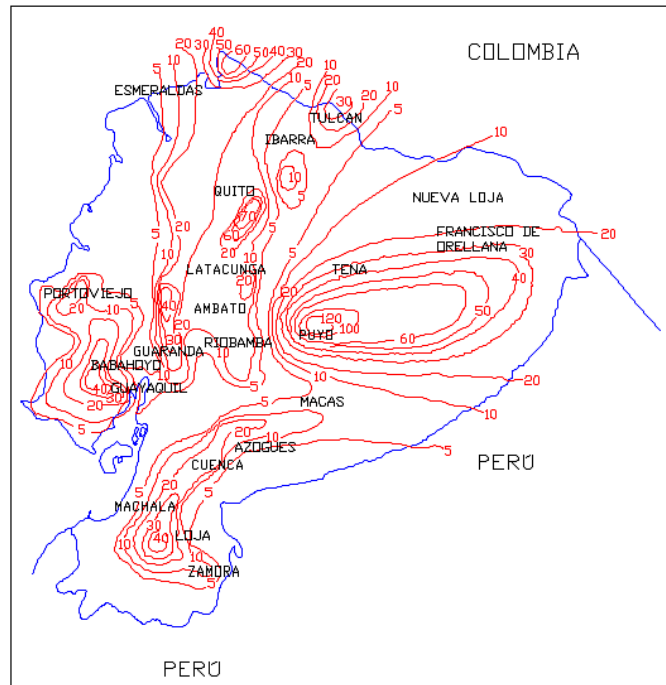


Figura 61. Mapa Isoceráunico del Ecuador

Nota. Fuente: (Orbea, 2017)

Para Catamayo, el valor de Ng= 10/km

**d) Frecuencia esperada de impactos de rayo sobre las torres (Nd)**

Mediante la Ec. ( 17), se obtiene la frecuencia esperada de impactos de rayo sobre las torres:

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot C1 \cdot 10^{-6} / \text{año}$$

$$Nd = 0,01 \cdot 23\ 192,12 \cdot 1 \cdot 10^{-6} / \text{año}$$

$$Nd = 0,0023$$

El valor de Nd = 0,0023

**e) Frecuencia aceptada de rayos sobre una estructura**

Mediante la Ec. ( 19), se obtiene una frecuencia aceptada de impactos de rayo sobre las torres:

$$Nc = \frac{5,51^{-3}}{C2 + C3 + C4 + C5}$$

C2 = 1 (Tabla 20).

C3 = 0,5 (Tabla 21).

C4 = 0,5 (Tabla 22).

C5 = 3 (Tabla 23).

$$N_c = \frac{5,51^{-3}}{1 + 0,5 + 0,5 + 3}$$
$$N_c = 0,0011$$

#### f) Análisis de Nd y Nc

En vista de que  $N_d > N_c$ , es necesario instalar pararrayos en cada una de las torres de iluminación.

#### g) Nivel de protección

Mediante la Ec. ( 20), se obtiene el valor de E:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$
$$E = 1 - \frac{0,0011}{0,0023}$$
$$E = 0,521$$

De acuerdo a la Tabla 24, se determina que el tipo de protección necesario para las torres de iluminación es de Nivel 3.

Considerando el nivel de protección, se selecciona el pararrayos INGESCO PDC 3.3-101001, el mismo que deberá ser instalado en cada una de las torres de iluminación.

Para su instalación en las torres, se considerará:

- **Número de Bajantes:** 2
- **Calibre mínimo del conductor de Cu:** 4 AWG
- **Punta de la barra del pararrayo:** Colocar a 1 m sobre la parte superior de la torre.  
(NEC, 2013, p. 84)

#### 6.4.5.6. Puesta a tierra de luminarias LED.

La puesta a tierra de las luminarias LED será diseñada considerando la NORMA IEEE – 80, los cálculos efectuados se exponen a continuación:

##### a) Resistividad del terreno



Para el diseño de la malla de puesta a tierra, se midieron los datos de la resistividad del suelo donde se encuentra el estadio, los mismos se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Datos de resistividad del terreno del estadio

Muestra	A (m)	$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )
1	1	581
2	2	641
3	3	436
4	4	375
5	5	313
6	6	263
7	7	419
Total		3 028
$\rho$ Promedio		432,571

*Nota. Fuente: El Autor*

La resistividad promedio del terreno es de 432,571  $\Omega \cdot m$ .

La resistividad de la capa superficial considerando como material el concreto, será de  $\rho_s = 3\,000 \Omega \cdot m$ , con un espesor 0,15 m.

#### b) Tensiones de paso máximos tolerables

Mediante la Ec. ( 21), se calcula el factor de reducción ( $C_s$ ):

$$C_s = 1 - \frac{0,09(1 - \left(\frac{\rho}{\rho_s}\right))}{2 \cdot h + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09(1 - \left(\frac{432,571}{3\,000}\right))}{2 \cdot 0,15 + 0,09}$$

$$C_s = 0,802$$

El factor  $C_s$  es igual a 0,802

Mediante la Ec. ( 22), se calcula la tensión tolerable de paso ( $V_p$ ):

$$V_p = \frac{(1\,000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}}$$

$$V_p = \frac{(1\,000 + 6 \cdot 0,802 \cdot 3\,000) \cdot 0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$V_p = 2\,532,256\text{ V}$$

La tensión tolerable de paso es de 2 532,256 V.

Mediante la Ec. ( 23), se calcula la tensión tolerable de contacto ( $V_c$ ):

$$V_c = \frac{(1\,000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}}$$

$$V_c = \frac{(1\,000 + 1,5 \cdot 0,802 \cdot 3\,000) \cdot 0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$V_c = 756,1\text{ V}$$

La tensión tolerable de contacto es de 756,1 V.

### c) Configuración de la malla

La configuración de malla de puesta a tierra tendrá las siguientes dimensiones:

- Largo ( $L_1$ ) = 2 m
- Ancho ( $L_2$ ) = 2 m
- $A = 4\text{ m}^2$
- Número de conductores a lo largo ( $M_1$ ) = 4
- Número de conductores a lo ancho ( $M_2$ ) = 4
- Espacio entre las varillas: 0,5 m

### d) Longitud del conductor horizontal

Mediante la Ec. ( 24), se calcula la longitud del conductor horizontal:

$$L_c = M_1 \cdot L_1 + M_2 \cdot L_2$$

$$L_c = 4 \cdot 2\text{ m} + 4 \cdot 2\text{ m}$$

$$L_c = 16\text{ m}$$

La longitud del conductor horizontal es de 16 m.

### e) Longitud total del conductor

Mediante la Ec. ( 25), se calcula la longitud total del conductor:

$$L_T = L_c + N \cdot L_v$$

$$L_T = 16\text{ m} + 4 \cdot 3\text{ m}$$

$$L_T = 28\text{ m}$$

La longitud total del conductor es de 28 m.

### f) Resistencia de la malla de puesta a tierra

Mediante Ec. ( 26), se calcula la resistencia de la malla de puesta a tierra:

$$Rg = \rho \cdot \left[ \frac{1}{LT} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$$Rg = 432,571 \Omega \cdot m \cdot \left[ \frac{1}{28 m} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 4 m^2}} \left( 1 + \frac{1}{1 + 0,15 m \cdot \sqrt{\frac{20}{4 m^2}}} \right) \right]$$

$$Rg = 100,027 \Omega$$

Con base en la Tabla 27, se considerará la puesta a tierra para equipos electrónicos sensibles, por lo cual el valor máximo de resistividad será de 5  $\Omega$ .

$$100,027 \Omega > 20 \Omega$$

La resistencia de la puesta a tierra es mayor que la permitida, por lo cual se debe corregir la composición del suelo.

#### g) Corrección del suelo

Considerando los valores de resistividad del suelo de la Tabla 25, se procederá a realizar cambios en el suelo actual, por un tipo de suelo de humus, con una resistividad de 40  $\Omega$ .

- El factor de reducción (Cs) = 0,772
- La tensión tolerable de paso (Vp) = 2 444,579 V
- La tensión tolerable de contacto (Vp) = 734,181 V
- Resistencia de la malla (Rg) = 4,260  $\Omega$

$$4,260 \Omega < 5 \Omega$$

La resistencia de la puesta a tierra es menor que la permitida, por lo cual se cumple lo establecido en la Norma IEEE-80.

Al ser una puesta a tierra para funcionamiento y considerando el insuficiente espacio para su instalación, se considera:

En la parte inferior de cada torre de iluminación, se instalará un electrodo químico, conectado mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

#### 6.4.6. Transición de la red aérea a subterránea

La transición aérea a subterránea se realizará desde los postes proyectados P1-P2 donde estará ubicado el transformador. En la parte inferior del poste se construirá un pozo para

la distribución subterránea de los conductores que alimentarán al sistema de iluminación. En el 0 se observa el plano de la transición de la red aérea a subterránea.

Adicionalmente, en el 0 se muestra el plano del tendido eléctrico del sistema de iluminación, en el 0 se muestra el plano del Tablero General de Medición (TGM), en el 0 se muestra el plano del tablero de distribución Principal (TDP) y en el 0 se muestran los diagramas de control, fuerza y unifilar.

## 6.5. Selección de Conductores

Los conductores a utilizarse deberán cumplir con la normativa de la EERSSA, de tal modo que no se sobrepasen las caídas de tensión admisibles tanto en las redes primarias (3,5 %) como en las secundarias (4,5 %).

### 6.5.1. Conductores para la red de media tensión (MT)

Para la red eléctrica en media tensión, se utilizará la configuración 3F4C con conductor del tipo ACSR.

En el 0 se expone el cálculo de la caída de voltaje en MT y la selección de los conductores.

En la Tabla 40, se presentan las características del conductor empleado para MT.

Tabla 40. Conductor en MT

Aplicación	Material	Configuración	Calibre	Aislamiento
Media tensión (13,8 kV)	ACSR	3F4C	2 (2)	Desnudo

*Nota. Fuente: El autor*

### 6.5.2. Conductores para la red de baja tensión (BT)

Para la red eléctrica en baja tensión, se utilizarán los conductores que se presentan en la Tabla 41.

Tabla 41. Conductores en BT

Aplicación	Material	Configuración	Calibre	Aislamiento
BT -Acometida (220 V)	Cobre suave	3F4C	2 (2)	TTU (2 kV)
BT- Iluminación (220 V)	Cobre suave	2F3C	1/0 (1/0)	TTU (2 kV)

*Nota. Fuente: El autor*

En el 0, se presenta el cálculo de la caída de voltaje en BT y la selección de los conductores.

## 6.6. Obra Civil

La obra civil que se construirá en el proyecto del sistema de iluminación constará de lo siguiente:

Banco de ductos.

Zanjas.

Pozos.

### 6.6.1. Banco de ductos

Se construirán ductos tanto para lugares transitados por vehículos como para los no transitados.

Para la construcción de los ductos, se deberá considerar:

- **Material:** Tubería PVC de pared estructurada e interior lisa.
- **Profundidad mínima:** 0,6 m (lugares no transitados por vehículos).
- **Profundidad mínima:** 0,8 m (lugares transitados por vehículos).
- **Número de tubos horizontal (N):** 1
- **Diámetro exterior del tubo (D):** 110 mm
- **Espacio entre tubos (e):** Mínimo 5 cm.
- **Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (x):** Mínimo 10 cm.

El ancho de la zanja se determina mediante la Ec. ( 16).

$$Bd = (N \cdot D) + (N - 1) \cdot e + 2x$$

$$Bd = (1 \cdot 0,11 \text{ m}) + (1 - 1) \cdot 0,05 \text{ m} + 2 \cdot 0,10$$

$$Bd = 0,31 \text{ m}$$

En el 0 se muestra el plano del banco de ductos que se utilizarán en la red eléctrica subterránea.

### 6.6.2. Pozos

Teniendo en cuenta que la red eléctrica del sistema de iluminación será subterránea y también existirán cambios de dirección, se deberá construir diferentes pozos de revisión.

Para el caso actual se construirán un total de 14 pozos.

En la Tabla 42, se muestran las características y cantidad de pozos a ocupar de acuerdo a su aplicación en el proyecto.

Tabla 42. Características y cantidad de pozos

Tipos	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación	Cantidad
Tipo A	0,60	0,60	0,75	Transición Aérea a Subterránea	1
Tipo B	0,90	0,90	0,90	Trayecto circuito subterráneo	5
Tipo C	1,20	1,20	1,20	Torres	8

Nota. Fuente: (MEER, 2011, p. 8)

En el 0 se observa el plano de los pozos que se utilizarán en la red eléctrica subterránea.

### 6.7. Análisis Técnico Económico de la Implementación del Sistema de Iluminación

El proyecto del sistema de iluminación se ejecutará como una obra social, es decir, no tendrá un retorno de la inversión.

Para determinar el costo total del proyecto, se realizó un análisis de precios unitarios (APU), en el mismo constan los precios de los materiales y mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto.

En la Tabla 43, se muestra un resumen del análisis de precios unitarios.

Tabla 43. Resumen del Análisis de Precios Unitarios (APU)

<b>PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"</b>						
<b>PRESUPUESTO PROYECCIÓN</b>						
<b>CÓDIGO.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>	
1	Montaje de Postes de Hormigón Armado, Redondo de 12 m, 500 kg	U	13	531.88	6914.49	
2	Montaje de Estructura de Media Tensión (MT) EST-3CR	U	11	198.03	2178.31	
3	Tensores y Anclajes para Redes de Media Tensión (MT) TAT-OVS	U	11	104.21	1146.26	
4	Instalación de Estación de Transformador Trifásico Convencional de 150 KVA en Nueva Estructura Tipo Castillo	U	1	8097.72	8097.72	
5	Tendido de Red Trifásica de Media Tensión (MT)	m	1844	1.54	2835.30	

6	Seccionamiento y Protección para tres fases - con seccionador fusible tipo abierto SPV - 3S(100 A - BIL 95)	U	2	362.79	725.58
7	Puesta a Tierra del Transformador PT0-0DC(2)_(1)	U	1	171.60	171.60
8	Transición Aérea a Subterránea de Baja Tensión (BT)	U	1	170.04	170.04
9	Tendido de Red Subterránea de Baja Tensión (BT)	m	620	8.10	5022.82
10	Montaje de Torres de Iluminación	U	8	14577.56	116620.48
11	Instalación de Pararrayos de Torres de Iluminación	U	8	529.46	4,235.69
12	Instalación de Luminarias LED en Torres de Iluminación	U	120	1314.05	157,686.26
13	Puesta a Tierra de los Pararrayos	U	8	309.37	2,474.95
14	Puesta a Tierra de las Luminarias	U	8	279.81	2,238.48
15	Puesta a Tierra del Circuito Subterráneo de Baja Tensión (BT)	U	8	123.57	988.56
16	Puesta a Tierra de la Transición Aérea a Subterránea	U	1	157.15	157.15
17	Instalación de Tablero General de Medición (TGM) y Puesta a tierra	U	1	1258.57	1,258.57
18	Instalación de Tablero de Distribución Principal (TDP) y Puesta a Tierra	U	8	576.96	4,615.69
19	Construcción de Pozos Tipo A	U	1	123.57	123.57
20	Construcción de Pozos Tipo B	U	5	125.97	629.86
21	Construcción de Pozos Tipo C	U	8	128.37	1,026.97
<b>EXISTENTE</b>					
22	Cambio de Estructura 3CR de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
23	Cambio de Estructura 4ER de poste rectangular a poste circular	U	6	41.69	250.11
24	Cambio de Estructura 3ER de poste rectangular a poste circular	U	3	41.69	125.06
25	Cambio de Estructura 3EP de poste rectangular a poste circular	U	2	41.69	83.37
26	Cambio de Estructura 4EP de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69

27	Cambio de Estructura 1ED de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
28	Desmontaje y Montaje de Luminaria AP de poste rectangular a circular	U	10	23.27	232.65
29	Desmontaje y Montaje de Tensor para Red de Baja Tensión (BT)	U	8	34.43	275.46
30	Desmontaje de Postes de Hormigón Armado, Rectangular de 12 m, 500 kg	U	11	85.00	935.03
				<b>Total \$</b>	<b>321,345.07</b>

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

*Nota. Fuente: El autor*

El proyecto tendrá un costo total de 321 345,07 dólares.

En el 0 se presenta el análisis de precios unitarios, rubros y costo total del proyecto.



## 7. Discusión

El diseño y dimensionamiento del sistema de iluminación para el estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, tienen como objeto dar solución a la carencia de iluminación nocturna en el complejo, por tal razón, los equipos y materiales del sistema de iluminación cumplen con la norma de iluminación deportiva expuesta por la FIFA, normas de construcción eléctrica y civil presentes en la Homologación de Unidades de Propiedad del MEER y en la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA).

El número y ubicación de las torres se estableció mediante la norma de la FIFA, optando por un diseño en el cual se coloquen cuatro torres de luminarias en cada uno de los laterales del estadio.

El número de luminarias se determinó mediante el método de lúmenes, dando como resultado el uso de 14 luminarias por torre, valor que se corrigió con la ayuda de la simulación en el software DIALux evo ®, constatando que se deberán utilizar un total de 15 luminarias por torre, es decir, un total de 120 luminarias. Con el total de luminarias se logró conseguir una iluminancia horizontal media de 750 lux, tal como lo establece la normativa de la FIFA.

Al utilizar luminarias tipo LED de marca AOK con una potencia de 1 200 W, se determinó que, se deberá instalar un transformador trifásico de 150 KVA, el mismo que será emplazado en una estructura tipo H (en castillo).

Para poder alimentar el transformador, se diseñó una red de media tensión trifásica desde el poste # 54855 hasta los postes proyectados P1-P2, se proponen cambios de postes rectangulares por postes circulares de 12 m, con carga a la rotura de 500 kg.

La obra civil para este escenario deportivo, se rige de acuerdo a las normativas del MEER y la EERSSA, por lo cual se diseñó un circuito eléctrico subterráneo, distribuido mediante ductos y pozos con sus respectivos accesorios y dimensiones.

Para identificar el costo total del proyecto, se utilizó un análisis de precios unitarios (APU), lo que permitió conocer tanto la mano de obra utilizada, como el costo de cada uno de los materiales. Al ser un proyecto de carácter social, no existirá un retorno de la inversión.

## 8. Conclusiones

- Mediante el análisis fotométrico de luminarias de escenarios deportivos, se seleccionó la luminaria tipo LED marca AOK, la misma que posee características lumínicas que se encuentran dentro de los valores de iluminancia horizontal media (750 lux), temperatura de color ( $\geq 4\ 000\ K$ ) y reproducción de color ( $\geq 65\ \%$ ) indicados en la Norma de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).
- Se diseñó y dimensionó el sistema de iluminación de acuerdo a las normas y especificaciones técnicas estipuladas en la Homologación de Unidades de Propiedad del MEER y de la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA). Con lo cual, el sistema de iluminación constará de 120 luminarias distribuidas en 8 torres ubicadas en ambos laterales de la cancha, las mismas que serán alimentadas mediante un transformador trifásico convencional de 150 KVA ubicado en una estructura tipo castillo (tipo H).
- La simulación realizada en el software DIALux evo ®, permitió evaluar el funcionamiento del sistema de iluminación propuesto y a su vez, corregir el número de luminarias de 112 (cálculo manual) a 115 (simulación) para cumplir con la iluminancia horizontal media de 750 lux que indica la norma de la FIFA.
- El análisis técnico económico, determinó a través de un estudio de precios unitarios que el costo total de la implementación del proyecto del sistema de iluminación será de \$321 345,07. Este proyecto es de carácter social, por lo cual no existe retorno de la inversión.

## **9. Recomendaciones**

- Cuando se seleccione el tipo de luminarias a utilizar, considerar sus especificaciones técnicas de funcionamiento y construcción, de modo que, se adapten al diseño y al cumplimiento de la Normativa de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).
- Al momento de realizar la instalación de las luminarias en las torres, considerar la ubicación y direccionamiento de las mismas, puesto que, de esto depende alcanzar un mejor nivel de uniformidad para que el campo de juego se encuentre iluminado correctamente.
- Para el caso de Ecuador y la provincia de Loja, los equipos y materiales que se utilicen en el diseño del sistema de iluminación, deberán cumplir con las normas y especificaciones técnicas estipuladas en la Homologación de Unidades de Propiedad del MEER y de la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA).

## 10. Bibliografía

- AFNOR. (1995). *Norma francesa*. 1–52.
- AOK. (2022). *Luminaria AOK*. <https://www.aokledlight.com/aok-1200winf-infs-infsg-straight-down.html>
- Cedeño, F. S. (2018). *Estudio luminotécnico e Instalaciones Eléctricas para la Iluminación del estadio de fútbol Miguel Zambrano del Cantón Tosagua* (Vol. 9).
- Comité Técnico CTN 72. (2020a). *Iluminación Iluminación de instalaciones deportivas*.
- Comité Técnico CTN 72. (2020b). *Une 12.193 Iluminación de instalaciones deportivas*. 1–5.
- Cruz, L. G. (2017). Viabilidad del uso de luminarias LED en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. In *Cenida.Una.Edu.Ni*.
- Deco, F. (2017). La utilidad de las curvas fotométricas. *Salud(i)Ciencia*, 46–47. [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/lu139\\_deco\\_curvas\\_fotometricas.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/lu139_deco_curvas_fotometricas.pdf)
- EERSSA. (2012). *NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES*.
- EERSSA. (2022). *Geoportal Técnico EERSSA*. <https://sig.eerssa.gob.ec/geoportaleERSSA/>
- Espinosa, P. Á. (2020). *Iluminación*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION\\_\\_GIE-3\\_\\_2en1.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf?sequence=1)
- Farrás, J. G. (2018). Iluminación. In *El torso de Venus* (p. 7). <http://www.jstor.org/stable/10.2307/j.ctv893j2s.33>
- FIFA, (Fédération Internationale de Football Association). (2011). *Estadios de fútbol - Recomendaciones técnicas y Requisitos*. 233.
- Ganslandt; Hofmann. (2019). *Cómo planificar con luz*.
- Giménez, B., Cabanes, C., Ysasi, G., Antón, M., & Clemente, T. (2018). *Representación gráfica de magnitudes fotométricas*.
- González, B. R. (2019). *Diseño lumínico para el estadio de la universidad nacional de loja*.
- Google. (2018). *Google Maps*. <https://www.google.com.ec/maps/@-3.999198,-79.3555918,526m/data=!3m1!1e3?hl=es&authuser=0>
- Grlum. (2018). *Fuentes de luz y equipos auxiliares*.

- INEN. (1987). *Código de práctica para alumbrado público*.
- INSHT. (2013). Iluminación en el Puesto de Trabajo. *Iluminación En El Puesto de Trabajo*, 43.  
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>
- Integra Energía. (, February). *La iluminación en el futbol*. <http://integraenergia.es/blog/la-iluminacion-en-el-futbol>
- Luxlife. (2016). Iluminacion deportiva. *Luxlife*, 22.  
[https://www.ecoluxlite.com/home/phocadownloadpap/especializados/deportivo\\_reducido.pdf](https://www.ecoluxlite.com/home/phocadownloadpap/especializados/deportivo_reducido.pdf)
- MEER. (2011). *Homologación de las unidades de propiedad y unidades de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas*.
- MIDUVI. (2011). *NEC - 11 - Capítulo 1 - Cargas y Materiales*. 1–38.
- MIDUVI. (2015). NEC-SE-CS-Cargas (No Sísmicas). In *Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CG.pdf>
- Navarro, A. J. C., Sánchez, J. M. A., Milano, F., Conde, N. A., Sanz, J. L. P., Bertrand, R. G., Sanz, J. C., Sánchez, A. C., & García, L. L. (2007). *Instalaciones Eléctricas* (Vol. 59).
- NEC. (2013). Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas. *Nec*, 173. <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
- Orbea, E. (2017). *El Estudiante Electromecánico*. <http://elestudianteelectromecanico.blogspot.com/2015/09/mapa-isoceraunico-del-ecuador.html>
- Ramírez, J., & Cano, E. (2010). Sistemas de puesta a tierra : diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. In *Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8215/eduardoantoniocanoplata.2010.pdf?sequence=1>
- Rodríguez Reinoso, E. E. (2015). *Análisis Y Diseño Comparativo Entre Una Torre Autosoportada Triangular De 40M De Altura Con Montantes Uv Y Una Con Montantes*

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21262/1/Monografia.pdf>

Romero, J., & Quintana, C. (2014). *Unidades y conceptos de iluminación* (Issue cd).

Santana, V., Medina, G., & Torre, A. (2014). *El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe*. 6 pp.  
[http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe\\_Minamata\\_LAC\\_ES\\_FINAL.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf)

Serrano-Tierz, A., Martínez-Iturbe, A., Guarddon-Muñoz, O., & Santolaya-Sáenz, J. L. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *DYNA (Colombia)*, 82(191), 231–239.  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>

Silva, R. F. (2003). *Estrategias para el manejo de la demanda del sistema de alumbrado público*.

Sivisapa, P. A. (2019). *Diseño del sistema de iluminación para la cancha sintética del Parque Recreacional Jipiro de la Ciudad de Loja*.

Tesla Electric. (2018). *Definiciones generales de iluminación*.

UC, U. de C. (2020). *Iluminación*.

Universidad Complutense Madrid. (n.d.). *UCM-Proyecto de Innovación Software libre para ciencias e ingenierías*. Retrieved October 21, 2021, from <https://www.ucm.es/pimcd2014-free-software/dialux>

Vera, M. S. (2013). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y SISTEMA ELÉCTRICO DEL CAMPO DEPORTIVO DE VILLA COPACABANA DE LA CIUDAD DE LA PAZ*.

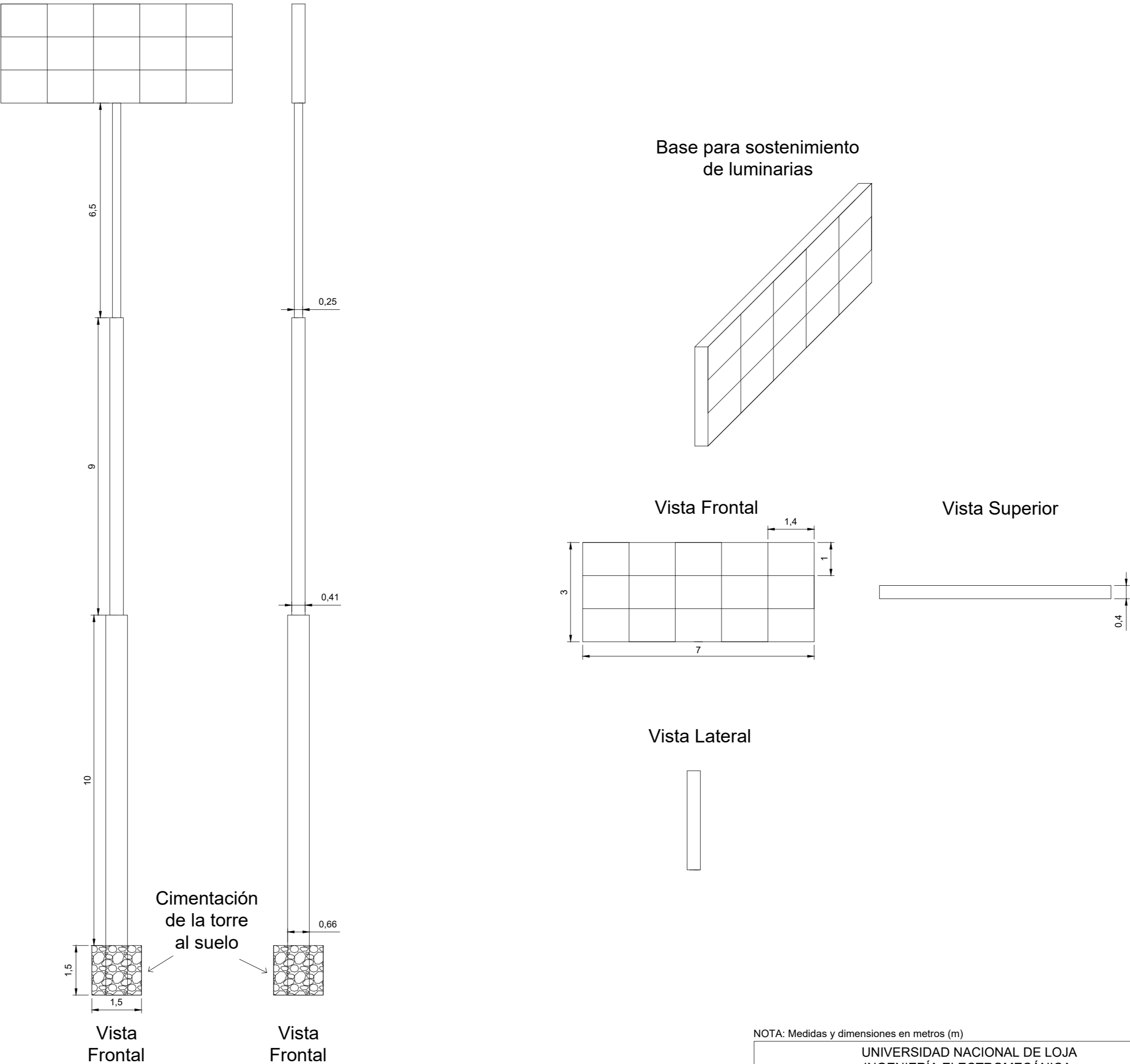
Verbatim. (2018). *¿Qué es un LED?*

Victorias y Derrotas. (2018, January 9). *Luz eléctrica en el fútbol*.  
<http://www.victoriasyderrotas.com/y-se-hizo-la-luz-en-el-futbol/>


## 11. Anexos

<b>Anexo N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formato</b>
Anexo 1	Planos Torre de Iluminación	PDF
Anexo 2	Simulación DIALux evo	EVO
Anexo 3	Informe Lumínico DIALux evo	PDF
Anexo 4	Planos MT y BT Actual	PDF
Anexo 5	Planos MT Proyectada	PDF
Anexo 6	Memoria Técnica	PDF
Anexo 7	Cálculo de la Potencia del Transformador	PDF
Anexo 8	Planos Transición Aérea a Subterránea	PDF
Anexo 9	Planos Tendido Eléctrico Sistema de Iluminación	PDF
Anexo 10	Planos Tablero General de Medición (TGM)	PDF
Anexo 11	Planos Tablero de Distribución Principal (TDP)	PDF
Anexo 12	Diagrama Unifilar, de Fuerza y Control	
Anexo 12.1	Planos Diagrama Unifilar	PDF
Anexo 12.2	Planos Diagramas de Fuerza y Control	PDF
Anexo 13	Caída de Tensión en MT	PDF
Anexo 14	Caída de Tensión en BT	PDF
Anexo 15	Planos Ductos	PDF
Anexo 16	Planos Pozos	PDF
Anexo 17	Análisis de Precios Unitarios (APU)	PDF
Anexo 18	Certificación de traducción del resumen	PDF

# Anexo 1. Planos Torre de Iluminación



NOTA: Medidas y dimensiones en metros (m)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE: Torre de Iluminación	TUTOR: Ing. Jorge Carrion	TESISTA: Marlon Lamas		LÁMINA: 1/1
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		FECHA: Julio 2022



## **Anexo 2. Simulación en DIALux evo**

En el presente link, se encuentra la simulación en DIALux evo:

[https://drive.google.com/drive/folders/1JAmFHM5vswbJNjvEH70ZdUJvva9XOoBH?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1JAmFHM5vswbJNjvEH70ZdUJvva9XOoBH?usp=share_link)



## Diseño del sistema de iluminación del Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo

## Contenido

Portada .....	1
Contenido .....	2
Contactos .....	3
Descripción .....	4
Imágenes .....	5
Lista de luminarias .....	6

## Fichas de producto

AOK - AOK-iNFS-1200W-12° (1x iNFS-1200W) .....	7
--	---

## Simulación

Plano de situación de luminarias .....	8
Objetos de cálculo .....	16
Cálculo Lumínico Horizontal: Norma FIFA - Escenario Deportivo Clase III / Intensidad lumínica horizontal .....	18
Glosario .....	19

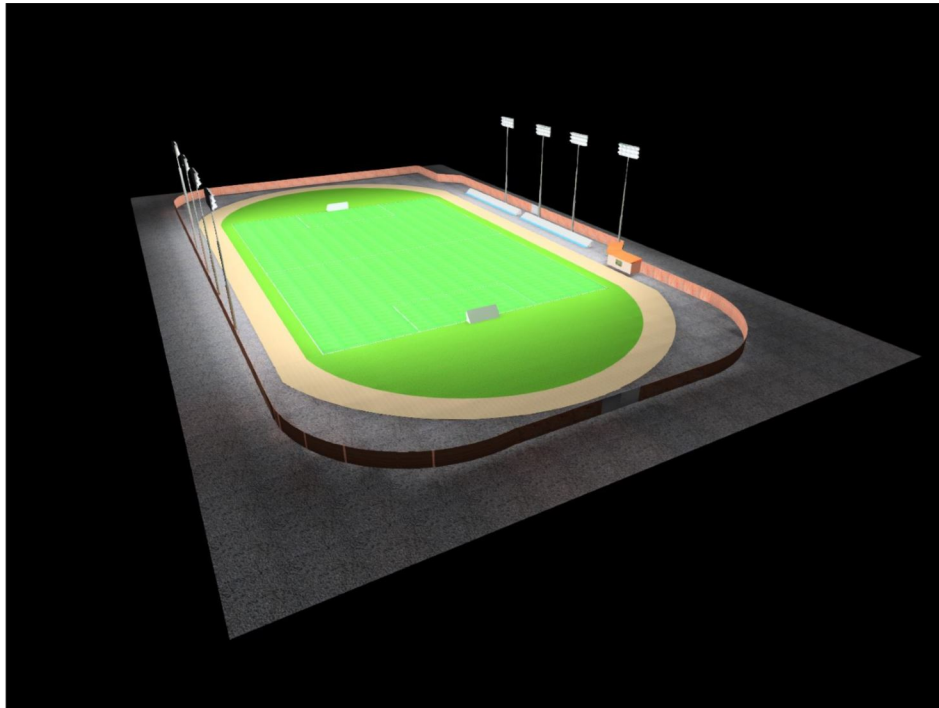
## Contactos



Estudiante  
Marlon Lamas

UNL  
Loja

T 0994798139  
F -  
marlon1697@gmail.com



## Descripción

El presente proyecto da a conocer una propuesta de diseño para la implementación de un sistema de iluminación en el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, el mismo que cumple con los requerimientos lumínicos estipulados en la Normativa de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).

**Estudiante**  
Marlon Lamas

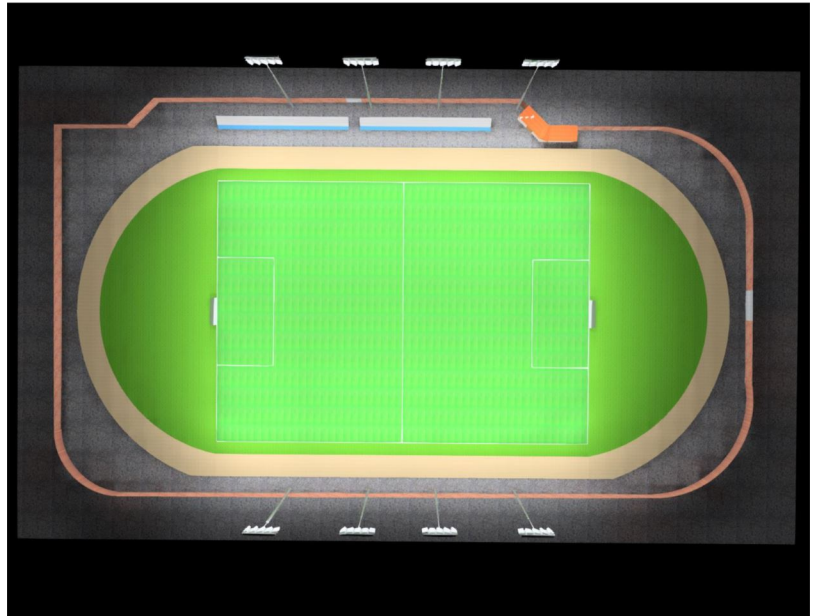
UNL  
Loja

T 0994798139  
F -  
marlon1697@gmail.com

## Imágenes

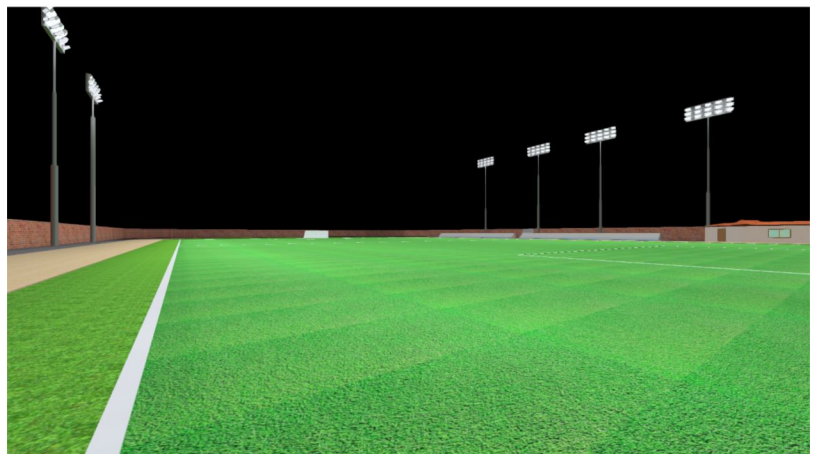
### Vista Superior

En la Imagen se observa una vista superior, en la que indica la simulación del sistema de iluminación.



### Torres de Iluminación

En la imagen se observan las torres de iluminación presentes en el estadio.



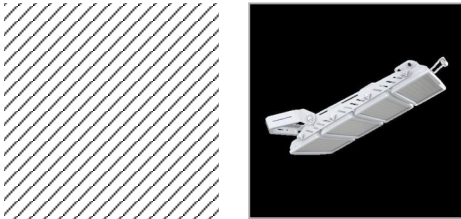
## Lista de luminarias

$\Phi_{total}$ 20016000 lm	$P_{total}$ 143988.0 W	Rendimiento lumínico 139.0 lm/W
-------------------------------	---------------------------	------------------------------------

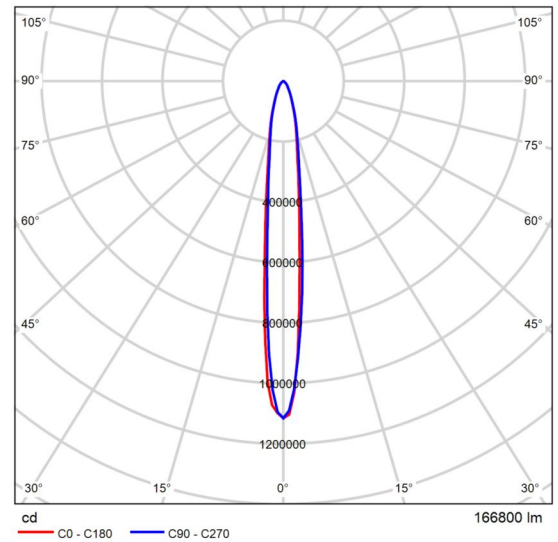
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
120	AOK	LED Stadium Light	AOK-iNFS-1200W-12°	1199.9 W	166800 lm	139.0 lm/W

## Ficha de producto

AOK AOK-iNFS-1200W-12°



N° de artículo	LED Stadium Light
P	1199.9 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	166800 lm
Rendimiento lumínico	139.0 lm/W
CCT	5500 K
CRI	80



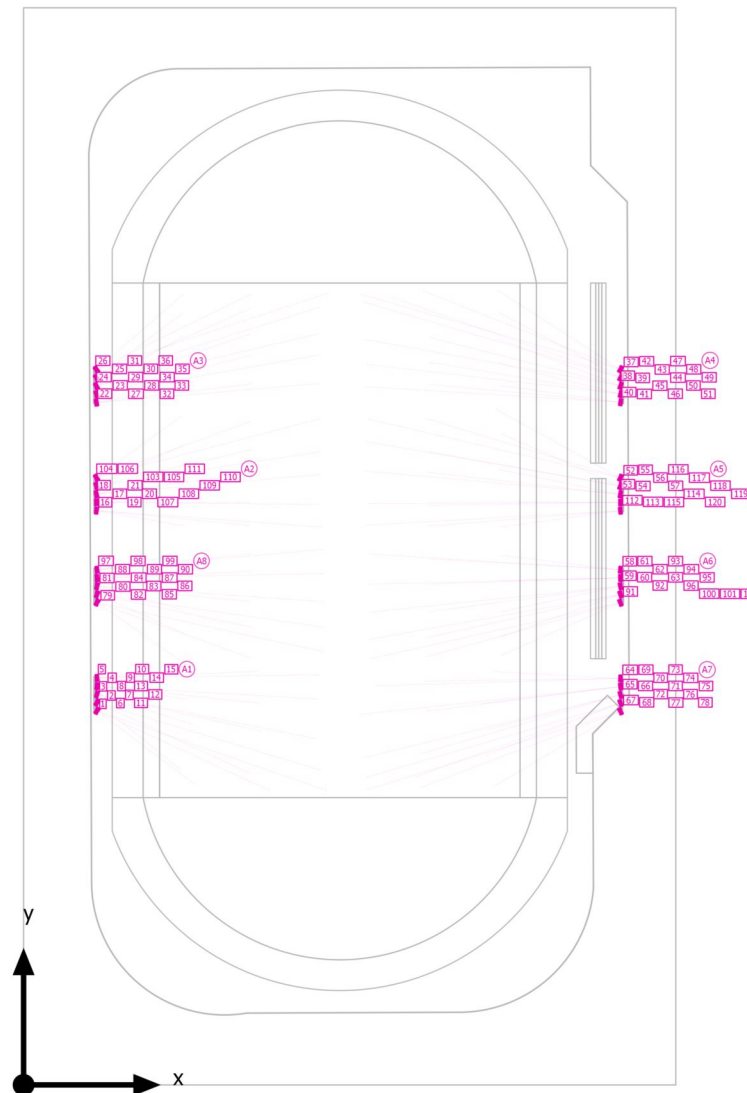
CDL polar

1. LED Stadium Light 1200W
2. Input Voltage: 100-277V
3. CCT: 2700-6500K
4. IP Rating: IP66
5. Color: Silver/Black
6. Adjustable modular design, easy to install and maintain



Simulación

## Plano de situación de luminarias



## Simulación

### Plano de situación de luminarias



Fabricante	AOK	P	1199.9 W
N° de artículo	LED Stadium Light	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	166800 lm
Nombre del artículo	AOK-iNFS-1200W-12°		
Lámpara	1x iNFS-1200W		

#### 15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	14.359 m / 72.622 m / 26.050 m	14.359 m	72.622 m	26.050 m	1
		14.359 m	74.236 m	26.050 m	2
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	14.359 m	75.850 m	26.050 m	3
		14.359 m	77.464 m	26.050 m	4
		14.359 m	79.078 m	26.050 m	5
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	14.359 m	72.622 m	27.050 m	6
		14.359 m	74.236 m	27.050 m	7
Organización	A1	14.359 m	75.850 m	27.050 m	8
		14.359 m	77.464 m	27.050 m	9
		14.359 m	79.078 m	27.050 m	10
		14.359 m	72.622 m	28.050 m	11
		14.359 m	74.236 m	28.050 m	12
		14.359 m	75.850 m	28.050 m	13

Simulación

**Plano de situación de luminarias**

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
14.359 m	77.464 m	28.050 m	14
14.359 m	79.078 m	28.050 m	15

15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	14.247 m / 111.558 m / 26.050 m	14.247 m	111.558 m	26.050 m	16
		14.247 m	113.172 m	26.050 m	17
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	14.247 m	114.786 m	26.050 m	18
		14.247 m	111.558 m	27.050 m	19
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	14.247 m	113.172 m	27.050 m	20
		14.247 m	114.786 m	27.050 m	21
Organización	A2	14.247 m	116.400 m	26.050 m	103
		14.247 m	118.014 m	26.050 m	104
		14.247 m	116.400 m	27.050 m	105
		14.247 m	118.014 m	27.050 m	106
		14.247 m	111.558 m	28.050 m	107
		14.247 m	113.172 m	28.050 m	108
		14.247 m	114.786 m	28.050 m	109
		14.247 m	116.400 m	28.050 m	110
		14.247 m	118.014 m	28.050 m	111

15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
------	----------------------	---	---	-------------------	-----------

## Simulación

### Plano de situación de luminarias

1era Luminaria (X/Y/Z)	14.247 m / 132.577 m / 26.050 m	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	14.247 m	132.577 m	26.050 m	22
		14.247 m	134.191 m	26.050 m	23
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	14.247 m	135.805 m	26.050 m	24
		14.247 m	137.419 m	26.050 m	25
Organización	A3	14.247 m	139.033 m	26.050 m	26
		14.247 m	132.577 m	27.050 m	27
		14.247 m	134.191 m	27.050 m	28
		14.247 m	135.805 m	27.050 m	29
		14.247 m	137.419 m	27.050 m	30
		14.247 m	139.033 m	27.050 m	31
		14.247 m	132.577 m	28.050 m	32
		14.247 m	134.191 m	28.050 m	33
		14.247 m	135.805 m	28.050 m	34
		14.247 m	137.419 m	28.050 m	35
14.247 m	139.033 m	28.050 m	36		

### 15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	115.846 m / 139.090 m / 26.050 m	115.846 m	139.090 m	26.050 m	37
		115.846 m	137.476 m	26.050 m	38
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	115.846 m	135.862 m	26.050 m	39
		115.846 m	134.248 m	26.050 m	40
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	115.846 m	132.634 m	26.050 m	41
		115.846 m	139.090 m	27.050 m	42

Simulación

**Plano de situación de luminarias**

Organización	A4	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
		115.846 m	137.476 m	27.050 m	43
		115.846 m	135.862 m	27.050 m	44
		115.846 m	134.248 m	27.050 m	45
		115.846 m	132.634 m	27.050 m	46
		115.846 m	139.090 m	28.050 m	47
		115.846 m	137.476 m	28.050 m	48
		115.846 m	135.862 m	28.050 m	49
		115.846 m	134.248 m	28.050 m	50
		115.846 m	132.634 m	28.050 m	51

15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	115.811 m / 117.997 m / 26.050 m	115.811 m	117.997 m	26.050 m	52
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	115.811 m	116.383 m	26.050 m	53
		115.811 m	114.769 m	26.050 m	54
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	115.811 m	117.997 m	27.050 m	55
		115.811 m	116.383 m	27.050 m	56
Organización	A5	115.811 m	114.769 m	27.050 m	57
		115.811 m	113.155 m	26.050 m	112
		115.811 m	111.541 m	26.050 m	113
		115.811 m	113.155 m	27.050 m	114
		115.811 m	111.541 m	27.050 m	115
		115.811 m	117.997 m	28.050 m	116
		115.811 m	116.383 m	28.050 m	117

Simulación

**Plano de situación de luminarias**

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
115.811 m	114.769 m	28.050 m	118
115.811 m	113.155 m	28.050 m	119
115.811 m	111.541 m	28.050 m	120

15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	115.809 m / 100.100 m / 26.050 m	115.809 m	100.100 m	26.050 m	58
		115.809 m	98.486 m	26.050 m	59
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	115.809 m	96.872 m	26.050 m	60
		115.809 m	100.100 m	27.050 m	61
		115.809 m	98.486 m	27.050 m	62
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	115.809 m	96.872 m	27.050 m	63
		115.809 m	95.258 m	26.050 m	91
		115.809 m	95.258 m	27.050 m	92
Organización	A6	115.809 m	100.100 m	28.050 m	93
		115.809 m	98.486 m	28.050 m	94
		115.809 m	96.872 m	28.050 m	95
		115.809 m	95.258 m	28.050 m	96
		115.809 m	93.644 m	26.050 m	100
		115.809 m	93.644 m	27.050 m	101
		115.809 m	93.644 m	28.050 m	102

15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

## Simulación

### Plano de situación de luminarias

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	115.817 m / 78.983 m / 26.050 m	115.817 m	78.983 m	26.050 m	64
		115.817 m	77.369 m	26.050 m	65
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.070 m	115.817 m	75.755 m	26.050 m	66
		115.817 m	74.141 m	26.050 m	67
		115.817 m	72.527 m	26.050 m	68
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.254 m	115.817 m	78.983 m	27.050 m	69
		115.817 m	77.369 m	27.050 m	70
		115.817 m	75.755 m	27.050 m	71
Organización	A7	115.817 m	74.141 m	27.050 m	72
		115.817 m	78.983 m	28.050 m	73
		115.817 m	77.369 m	28.050 m	74
		115.817 m	75.755 m	28.050 m	75
		115.817 m	74.141 m	28.050 m	76
		115.817 m	72.527 m	28.050 m	77
		115.817 m	72.527 m	27.050 m	78

### 15 x AOK AOK-iNFS-1200W-12°

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	14.359 m / 93.682 m / 26.013 m	14.359 m	93.682 m	26.013 m	79
		14.359 m	95.285 m	26.013 m	80
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 1.059 m	14.359 m	96.888 m	26.013 m	81
		14.359 m	93.682 m	27.027 m	82
		14.359 m	95.285 m	27.027 m	83
Dirección Y	3 Uni., Borde externo - borde externo, - 0.239 m	14.359 m	96.888 m	27.027 m	84

Simulación

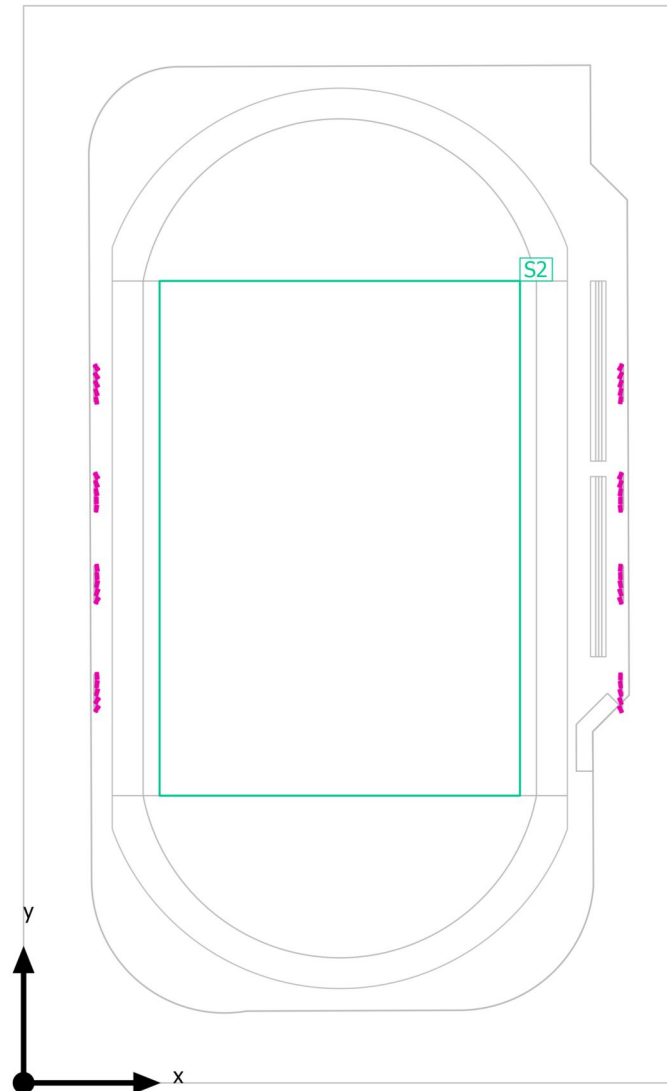
## Plano de situación de luminarias

Organización	A8	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
		14.359 m	93.682 m	28.042 m	85
		14.359 m	95.285 m	28.042 m	86
		14.359 m	96.888 m	28.042 m	87
		14.359 m	98.490 m	26.013 m	88
		14.359 m	98.490 m	27.027 m	89
		14.359 m	98.490 m	28.042 m	90
		14.359 m	100.093 m	26.013 m	97
		14.359 m	100.093 m	27.027 m	98
		14.359 m	100.093 m	28.042 m	99



Simulación

## Objetos de cálculo



Simulación

## Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Cálculo Lumínico Horizontal: Norma FIFA - Escenario Deportivo Clase III Intensidad lumínica horizontal Altura: 1.000 m	1524 lx	919 lx	2502 lx	0.60	0.37	S2

Perfil de uso: Aparcamientos, Gran volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de escuelas, iglesias, grandes centros comerciales, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales grandes

Simulación

**Cálculo Lumínico Horizontal: Norma FIFA - Escenario Deportivo Clase III**



Propiedades	$\bar{E}$	$E_{min}$	$E_{m\acute{a}x}$	$g_1$	$g_2$
Cálculo Lumínico Horizontal: Norma FIFA - Escenario Deportivo Clase III	1524 lx	919 lx	2502 lx	0.60	0.37
Intensidad lumínica horizontal					
Altura: 1.000 m					

Perfil de uso: Aparcamientos, Gran volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de escuelas, iglesias, grandes centros comerciales, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales grandes

## Glosario

### A

#### A

Símbolo para una superficie en la geometría

---

Altura interior del local	Designación para la distancia entre el borde superior del suelo y el borde inferior del techo (para un local en su estado terminado).
---------------------------	---

---

### Á

#### Área circundante

El área circundante limita directamente con el área de la tarea visual y debe contar con una anchura de al menos 0,5 m, según DIN EN 12464-1. Se encuentra a la misma altura que el área de la tarea visual.

#### Área de fondo

El área de fondo limita, según DIN EN 12464-1, con el área inmediatamente circundante y alcanza los límites del local. En el caso de locales grandes, el área de fondo tiene al menos 3 m de anchura. Es horizontal y se encuentra a la altura del suelo.

#### Área de la tarea visual

El área requerida para llevar a cabo una tarea visual según DIN EN 12464-1. La altura corresponde a la altura a la que se lleva a cabo la tarea visual.

---

### C

#### CCT

(ingl. correlated colour temperature)  
Temperatura del cuerpo de un proyector térmico, que se utiliza para la descripción de su color de luz. Unidad: Kelvin [K]. Entre menor sea el valor numérico, más rojo, a mayor valor numérico, más azul será el color de luz. La temperatura de color de lámparas de descarga gaseosa y semiconductores se denomina, al contrario de la temperatura de color de los proyectores térmicos, como "temperatura de color correlacionada".

Correspondencia entre colores de luz y rangos de temperatura de color según EN 12464-1:

Color de luz - temperatura de color [K]  
blanco cálido (ww) < 3.300 K  
blanco neutro (nw) ≥ 3.300 – 5.300 K  
blanco luz diurna (tw) > 5.300 K

---

#### Cociente de luz diurna

Relación entre la iluminancia que se alcanza en un punto en el espacio interior, debida únicamente a la incidencia de luz diurna, y la iluminancia horizontal en el espacio exterior bajo cielo abierto.

Símbolo: D (ingl. daylight factor)  
Unidad: %

---

## Glosario

CRI	<p>(ingl. colour rendering index) Denominación para el índice de reproducción cromática de una luminaria o de una fuente de luz según DIN 6169: 1976 o. CIE 13.3: 1995.</p> <p>El índice general de reproducción cromática Ra (o CRI) es un coeficiente adimensional que describe la calidad de una fuente de luz blanca en lo que respecta a su semejanza a una fuente de luz de referencia, en los espectros de remisión de 8 colores de prueba definidos (ver DIN 6169 o CIE 1974).</p>
D	
Densidad lumínica	<p>Medida de la "impresión de claridad" que el ojo humano percibe de una superficie. Es posible que la superficie misma ilumine o que refleje la luz que incide sobre ella (valor de emisor). Es la única dimensión fotométrica que el ojo humano puede percibir.</p> <p>Unidad: Candela por metro cuadrado Abreviatura: cd/m<sup>2</sup> Símbolo: L</p>
E	
Eta ( $\eta$ )	<p>(ingl. light output ratio) El grado de eficacia de funcionamiento de luminaria describe qué porcentaje del flujo luminoso de una fuente de luz de radiación libre (o módulo LED) abandona la luminaria instalada.</p> <p>Unidad: %</p>
F	
Factor de degradación	Véase MF
Flujo luminoso	<p>Medida para la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz en todas direcciones. Es con ello un "valor de emisor" que especifica la potencia de emisión total. El flujo luminoso de una fuente de luz solo puede determinarse en el laboratorio. Se diferencia entre el flujo luminoso de lámpara o de módulo LED y el flujo luminoso de luminaria.</p> <p>Unidad: Lumen Abreviatura: lm Símbolo: <math>\Phi</math></p>

## Glosario

### G

g1	Con frecuencia también $U_o$ (ingl. overall uniformity) Denomina la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente de $E_{min}$ y $E_{\bar{}}$ y se utiliza, entre otras, en normas para la especificación de iluminación en lugares de trabajo.
g2	Denomina en realidad la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente entre $E_{min}$ y $E_{max}$ y por lo general es relevante solo como evidencia de iluminación de emergencia según EN 1838.
Grado de reflexión	El grado de reflexión de una superficie describe qué cantidad de la luz incidente es reflejada. El grado de reflexión se define mediante la coloración de la superficie.

### I

Iluminancia, adaptativa	Para la determinación de la iluminancia media adaptativa sobre una superficie, ésta se rasteriza en forma "adaptativa". En el área en que hay las mayores diferencias en iluminancia dentro de la superficie, la rasterización se hace más fina, en el área de menores diferencias, se realiza una rasterización más gruesa.
Iluminancia, horizontal	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano horizontal (éste puede ser p.ej. una superficie de una mesa o el suelo). La iluminancia horizontal se identifica por lo general con las letras $E_h$ .
Iluminancia, perpendicular	Iluminancia perpendicular a una superficie, medida o calculada. Este se debe considerar en superficies inclinadas. Si la superficie es horizontal o vertical, no existe diferencia entre la iluminancia perpendicular y la vertical u horizontal.
Iluminancia, vertical	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano vertical (este puede ser p.ej. la parte frontal de una estantería). La iluminancia vertical se identifica por lo general con las letras $E_v$ .
Intensidad lumínica	Describe la intensidad de luz en una dirección determinada (valor de emisor). La intensidad lumínica es el flujo luminoso $\Phi$ , entregado en un ángulo determinado $\Omega$ del espacio. La característica de emisión de una fuente de luz se representa gráficamente en una curva de distribución de intensidad luminosa (CDL). La intensidad lumínica es una unidad básica SI.  Unidad: Candela Abreviatura: cd Símbolo: I

## Glosario

Intensidad lumínica	<p>Describe la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie determinada y el tamaño de esta superficie (<math>\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}</math>). La iluminancia no está vinculada a una superficie de un objeto. Puede determinarse en cualquier punto del espacio (interior o exterior). La iluminancia no es una propiedad de un producto, ya que se trata de un valor del receptor. Para su medición se utilizan aparatos de medición de iluminancia.</p> <p>Unidad: Lux Abreviatura: lx Símbolo: E</p>
<hr/>	
L	
LENI	<p>(ingl. lighting energy numeric indicator) Indicador numérico de energía de iluminación según EN 15193</p> <p>Unidad: kWh/m<sup>2</sup> año</p>
<hr/>	
LLMF	<p>(ingl. lamp lumen maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas, tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de una lámpara o de un módulo LED en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin disminución de flujo luminoso).</p>
<hr/>	
LMF	<p>(ingl. luminaire maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de luminaria, tiene en cuenta el ensuciamiento de la luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de luminaria se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).</p>
<hr/>	
LSF	<p>(ingl. lamp survival factor)/según CIE 97: 2005 Factor de supervivencia de la lámpara, tiene en cuenta el fallo total de una luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de supervivencia de la lámpara se expresa como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (dentro del tiempo considerado, no hay fallo, o sustitución inmediata tras un fallo).</p>
<hr/>	

## Glosario

### M

#### MF

(ingl. maintenance factor)/según CIE 97: 2005

Factor de mantenimiento, número decimal entre 0 y 1, describe la relación entre el valor nuevo de una dimensión de planificación fotométrica (p.ej. iluminancia) y el valor de mantenimiento tras un tiempo determinado. El factor de mantenimiento tiene en cuenta el ensuciamiento de lámparas y locales, así como la disminución de flujo luminoso y el fallo de fuentes de luz.

El factor de mantenimiento se considera en forma general aproximada o se calcula en forma detallada según CIE 97: 2005, por medio de la fórmula  $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$ .

---

### O

#### Observador UGR

Punto de cálculo en el espacio, para el cual el DIALux determina el valor UGR. La posición y altura del punto de cálculo deben corresponder a la posición del observador típico (posición y altura de los ojos del usuario).

---

### P

#### P

(ingl. power)

Consumo de potencia eléctrica

Unidad: Vatio

Abreviatura: W

---

#### Plano útil

Superficie virtual de medición o de cálculo a la altura de la tarea visual, por lo general sigue la geometría del local. El plano útil puede también dotarse de una zona marginal.

---

### R

#### Rendimiento lumínico

Relación entre la potencia luminosa emitida  $\Phi$  [lm] y la potencia eléctrica consumida P [W] Unidad: lm/W.

Esta relación puede formarse para la lámpara o el módulo LED (rendimiento lumínico de lámpara o del módulo), para la lámpara o módulo junto con su dispositivo de control (rendimiento lumínico del sistema) y para la luminaria completa (rendimiento lumínico de luminaria).

---



## Glosario

RMF

(ingl. room maintenance factor)/según CIE 97: 2005

Factor de mantenimiento del local, tiene en cuenta el ensuciamiento de las superficies que rodean el local en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento del local se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).

---

S

Superficie útil - Cociente de luz diurna

Una superficie de cálculo, dentro de la cual se calcula el cociente de luz diurna.

---

U

UGR (max)

(ingl. unified glare rating)

Medida para el efecto psicológico de deslumbramiento de un espacio interior.

Además de la luminancia de la luminaria, el valor UGR depende también de la posición del observador, la dirección de observación y la luminancia del entorno. Entre otras, en la norma EN 12464-1 se especifican valores UGR máximos permitidos para diversos lugares de trabajo en espacios interiores.

---

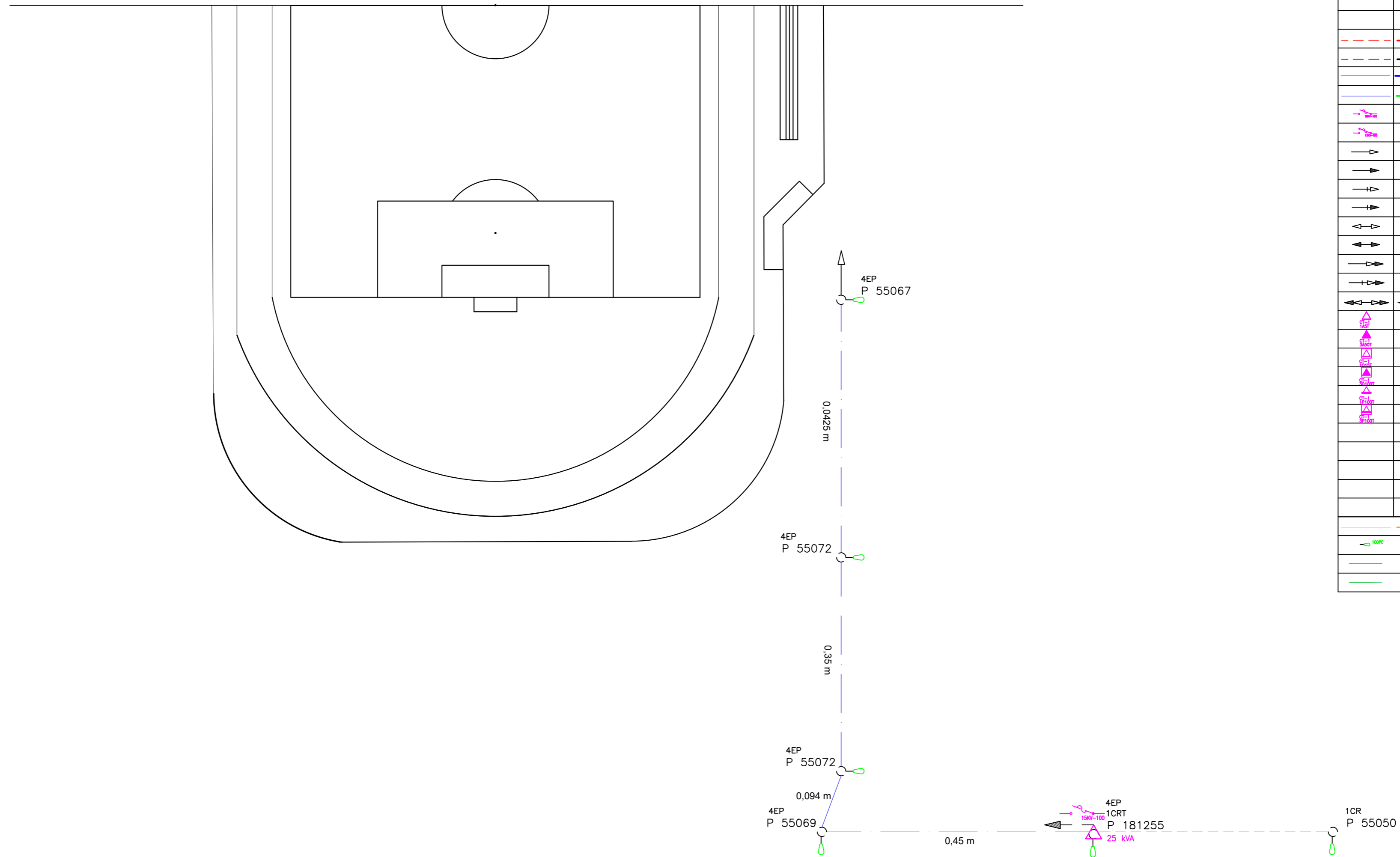
Z

Zona marginal

Zona circundante entre el plano útil y las paredes, que no se considera en el cálculo.

---

# Anexo 4. Planos MT y BT Actual

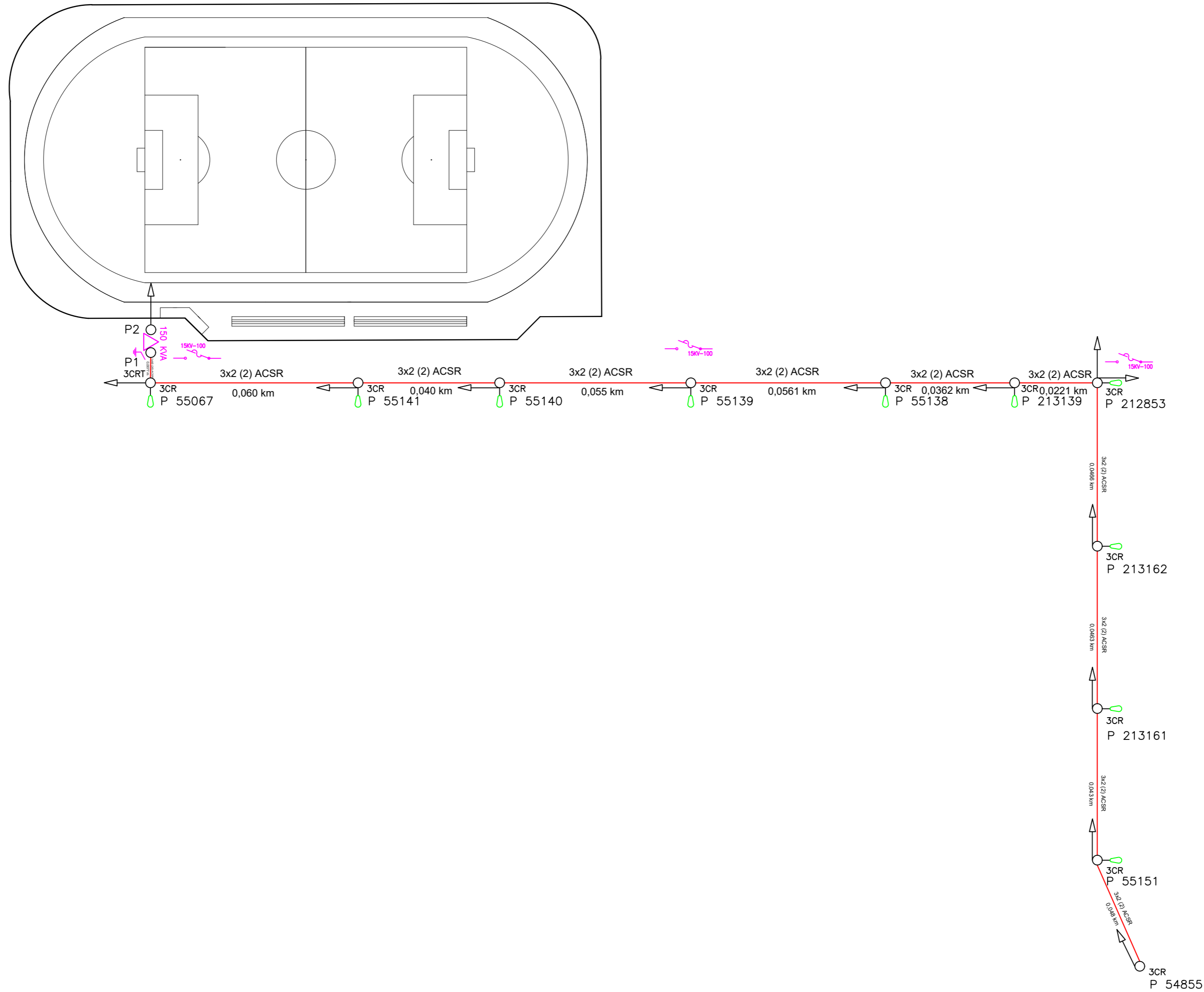


SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
EXISTENTE	PROYECTADO	
		POSTE EXISTENTE
		POSTE HORMIGÓN ARMADO MEDIO VOLTAJE
		POSTE HORMIGÓN ARMADO BAJO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO MEDIO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO BAJO VOLTAJE
		LÍNEA AEREA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA AEREA DE BAJO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRANEA DE BAJO VOLTAJE
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO CON DISPOSITIVO ROMPEARCO
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA DOBLE
		TENSOR FAROL DOBLE
		TENSOR POSTE A POSTE DOBLE
		TRANSFORMADOR 1F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 3F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 1F n kVA EN CABINA
		TRANSFORMADOR 3F n kVA EN CABINA
		PADMOUNTED 1F n kVA EXTERIOR
		PADMOUNTED 3F n kVA EN CABINA
		PUESTA A TIERRA
		DESCARGADOR
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (USUARIO)
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (FUTURO BENEFICIARIO)
		VIVIENDA HABITADA
		ACOMETIDA
		LUMINARIA SODIO CERRADA n W NIVEL DE POTENCIA CONSTANTE
		RED AEREA DE ALUMBRADO PÚBLICO
		RED SUBTERRANEA DE ALUMBRADO PÚBLICO

NOTA: Medidas y dimensiones en metros (m)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE: Red Eléctrica Actual MT y BT	TUTOR: Ing. Jorge Carrion	TESISTA: Marlon Lamas		LÁMINA: 1/1
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		FECHA: Julio 2022

# Anexo 5. Planos MT Projectada



SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
EXISTENTE	PROYECTADO	
		POSTE EXISTENTE
		POSTE HORMIGÓN ARMADO MEDIO VOLTAJE
		POSTE HORMIGÓN ARMADO BAJO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO MEDIO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO BAJO VOLTAJE
		LÍNEA AEREA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA AEREA DE BAJO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJO VOLTAJE
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO CON DISPOSITIVO ROMPEARCO
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA DOBLE
		TENSOR FAROL DOBLE
		TENSOR POSTE A POSTE DOBLE
		TRANSFORMADOR 1F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 3F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 1F n kVA EN CABINA
		TRANSFORMADOR 3F n kVA EN CABINA
		PADMOUNTED 1F n kVA EXTERIOR
		PADMOUNTED 3F n kVA EN CABINA
		PUESTA A TIERRA
		DESCARGADOR
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (USUARIO)
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (FUTURO BENEFICIARIO)
		VIVIENDA HABITADA
		ACOMETIDA
		LUMINARIA SODIO CERRADA n W NIVEL DE POTENCIA CONSTANTE
		RED AEREA DE ALUMBRADO PÚBLICO
		RED SUBTERRÁNEA DE ALUMBRADO PÚBLICO

NOTA: Medidas y dimensiones en metros (m)

<b>INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA</b>			<b>PROYECTO:</b> "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
<b>CONTIENE:</b> Red Eléctrica MT Projectada	<b>TUTOR:</b> Ing. Jorge Carrion	<b>TESISTA:</b> Marlon Lamas		<b>LÁMINA:</b> 1/1
<b>CANTÓN:</b> Catamayo	<b>PARROQUIA:</b> San José	<b>ESCALA:</b> 1:1		<b>FECHA:</b> Julio 2022

Anexo 6. Memoria Técnica

Loja, 26 de agosto de 2022

Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

Loja

De mis consideraciones:

En la presente se adjunta una carpeta que contiene el proyecto eléctrico con los estudios para el **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO”**

El proyecto incluye: Memoria Técnica Descriptiva, Lista y Especificación de Materiales, Cantidades de Obra, Presupuesto Referencial de la Obra Eléctrica y Planos de Diseño.

Solicito a Usted se digne disponer la revisión correspondiente.

Cordialmente,



---

**Marlon Polivio Lamas Tamayo**

Proyectista

**EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.**  
**GERENCIA DE PLANIFICACIÓN**  
**ACTA DE CONDICIONAMIENTOS BÁSICOS DEL PROYECTO**

**FECHA:** 26 de agosto de 2022

**ANTECEDENTES:**

**Nombre del proyecto:** “DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO”

**Provincia:** Loja

**Cantón:** Catamayo

**Parroquia:** San José

**Barrio:** La Merced

**Nombre del proyectista:** Marlon Polivio  
Lamas Tamayo

**Nombre del propietario:** Municipio de  
Catamayo

**DATOS TÉCNICOS:**

**Número de transformador más cercano:** 20543

**Caída de tensión en el punto de arranque:** 0

**Sección SICAP:** S/N

**RESUMEN DE OBRA:**

**Media Tensión**

Topología: CO0-0B3x2 (2)

Cantidad: 461 m

**Transformador**

Potencia: 150 KVA

Cantidad: 1

**Baja Tensión**

Topología: Existente

Cantidad: Existente

**Acometida**

Topología: CO0-0P3x2 (2)

Cantidad: 4 m

**POSIBILIDADES, LIMITANTES Y OBSERVACIONES:**

Los materiales deben cumplir con la sección 3 del Documento “Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrico” emitido por el MEER.



---

Marlon Polivio Lamas Tamayo

Proyectista

---

Gerente de Planificación

# **MEMORIA TÉCNICO - DESCRIPTIVA**

## **DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO**

**PROYECTISTA:**

Marlon Polivio Lamas Tamayo

## **Antecedentes**

Con la finalidad de implementar un sistema de iluminación en la cancha del Estadio de Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, se ha realizado el presente proyecto eléctrico, en el cual se diseña la media y baja tensión requerida, así como la instalación de un transformador que alimentará al sistema.

Cada uno de los equipos y materiales serán seleccionados de acuerdo a las regulaciones que mantiene la Empresa Regional del Sur S.A. (EERSSA).

## **Red Eléctrica Actual**

Actualmente, en la calle Aurelio Mosquera Narváez no existe red de media tensión, tan solo se cuenta con una red de baja tensión, la misma que llega hasta el poste PHR11\_500 (# 55067). La estructura es del tipo 4ER.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se hace necesaria la instalación de una red de media tensión que alimente al transformador proyectado.

Planos de la red actual se encuentra en anexos.

## **Red Eléctrica Proyectada**

### **3.1. Consideraciones Generales**

La red de media tensión y el transformador serán proyectados en base a las normas establecidas por la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA).

Se empleará conductor tipo ACSR con un calibre que permita mantener los valores de caída de tensión dentro de los parámetros exigidos por la EERSSA.

Se utilizará un transformador trifásico de 150 KVA.

### **3.2. Determinación De La Demanda**

Una vez efectuado el cálculo, se determinó una demanda total de diseño de 140,86 KVA, demanda que será alimentada mediante un transformador trifásico de 150 KVA con una relación de transformación de 13 800/220-110, el mismo que se emplazará en una estructura de postes tipo H (en castillo).

En la Tabla 1 se muestra en detalle la carga instalada, el factor de conciencia, factor de simultaneidad y por último la demanda total del circuito.



Tabla 1. Resumen general del cálculo de la demanda

RESUMEN GENERAL		
Demanda máxima unitaria proyectada (DMUp)	129 587.04	W
Factor de coincidencia (FC)	1.00	
Demanda máxima diversificada (DMD)	129.59	kW
Factor de potencia (FP)	0.92	
Demanda total de diseño (DTD)	140.86	KVA
Transformador comercial	150.00	KVA

*Nota: Fuente: El Autor*

### 3.3. Modificaciones de la Red Eléctrica Actual

En la red eléctrica actual, se realizarán las siguientes modificaciones:

#### Postes

Los postes #54855, #55151, #213161, #213162, #212853, #213139, #55138, #55139, #55140, #55141 y #55067, serán sustituidos por postes de hormigón armado circulares de 12 m con carga de rotura horizontal de 500 kg.

#### Postes proyectados P1-P2

Los postes proyectados serán del tipo circulares de hormigón armado de 12 m con carga de rotura horizontal de 500 kg.

En los postes proyectados se emplazará un transformador trifásico - convencional de 150 KVA, la estructura será del tipo H (en castillo).

### 3.4. Red de Media Tensión Proyectada

En el trayecto de los postes #54855, #55151, #213161, #213162, #212853, #213139, #55138, #55139, #55140, #55141, # 55067, P1-P2 se instalará una red de media tensión trifásica de 13,8 kV, con una estructura tipo EST-3CR.

La red de media tensión proyectada para el diseño, tendrá las siguientes características:

**Subtipo:** Monofásico

**Código de Estructura:** EST-3CR (trifásica, centrada, retención o terminal)

**Voltaje:** 13,8 kV

**Fase de Conexión:** ABC

**Configuración:** 3F4C

**Código Conductor Fase:** ACSR # 2

**Código Conductor Neutro:** ACSR # 2

Planos de la red de media tensión proyectada se encuentran en los anexos

### **3.5. Transformador**

El transformador a utilizar posee las siguientes características:

Trifásico Convencional.

Potencia de 150 KVA.

Relación de transformación de 13 800/220-110 V.

Frecuencia de trabajo de 60 Hz.

### **3.6. Acometida En Baja Tensión**

Para la acometida en baja tensión que tendrá lugar desde el transformador hasta el tablero general de medición (TGM), se utilizará conductor de cobre 3x2 (2) TTU (CO0-0P3x2 (2)) dentro de tubería galvanizada con un diámetro de 2”.

La protección general será mediante un interruptor de caja moldeada de tres polos de 85 A, ubicado en la caja del medidor.

Detalles de la transición aérea a subterránea se encuentran en los anexos.

### **3.7. Protección y Seccionamiento**

En los postes proyectados P1 y P2, se colocará tres seccionadores fusible tipo abierto para 15 kV – 100 A, de BIL 95 kV y un pararrayos clase distribución polimérico, óxido metálico, 10 kV, con desconectador.

### **3.8. Pozos de Revisión y Canalización**

Teniendo en cuenta que la red eléctrica del sistema de iluminación será subterránea y también existirán cambios de dirección, se deberá construir diferentes pozos de revisión. Para el caso actual se construirán un total de 14 pozos, 1 tipo A, 5 tipo B y 8 tipo C.

Los pozos tipo A, B, C y las zanjas para la canalización serán construidos de acuerdo a las normas de la EERSSA y las normas establecidas por la “Homologación de las Unidades de Propiedad (UP).

Plano de los tipos de pozos se encuentra en los anexos.

### **3.9. Sistema De Medición**

En la parte frontal del cerramiento del estadio, la EERSSA instalará un gabinete, el cual albergará un medidor electrónico trifásico armado con cable para medición directa.

### **3.10. Tableros y Alimentadores Principales**

El tablero principal será el Tablero General de Medición (TGM), se conectará al Tablero de Distribución Principal (TDP), el cual será el encargado de suministrar la energía proveniente del transformador de 167 KVA.

El tablero estará alimentado por conductores de cobre TTU #2, e irán dentro de tubería PVC de 2”.

Detalles del Tablero General de Medición y del Tablero de Distribución Principal (TDP) se encuentran en los anexos.

### **3.11. Tableros y alimentadores Secundarios**

Para la alimentación de los diferentes circuitos de baja tensión en las instalaciones, se instalará un tablero de distribución en un sitio estratégico, el cual tendrá una tensión de servicio de 220/110 V; y tienen como objetivo controlar y proteger los diferentes circuitos de distribución interna. En el tablero se instalarán las protecciones termomagnéticas necesarias.

Los tableros serán del tipo armarios metálicos, con un número de polos de capacidad suficiente para satisfacer las cargas que se indican en los cuadros de tableros.

### **3.12. Tuberías**

Los conductores de las diferentes instalaciones irán protegidos dentro de tubería PVC, de diámetros adecuados al número y calibre de los conductores que transporte, debiendo utilizarse para su instalación todos los accesorios estandarizados del mismo material.

### **3.13. Puestas A Tierra**

Para la protección de los diferentes equipos del sistema de iluminación, se utilizarán puestas a tierra mediante una varilla de acero recubierta de Cu, con dimensiones de 16 x 1

800 mm (5/8 x 71”), conectada mediante suelda exotérmica a un conductor de cobre desnudo # 4 AWG.

Se instalará protección mediante puesta a tierra para los siguientes componentes del proyecto:

Transformador trifásico de 150 KVA.

Transición aérea a subterránea.

Tablero General de Medición (TGM) y Tablero de Distribución Principal (TDP).

Red de distribución subterránea del sistema de iluminación.

Torres de iluminación.

Luminarias LED.

### **Resumen Del Proyecto**

Conforme consideraciones de orden técnico y ajustado a las exigencias de la EERSSA el proyecto se resume como sigue:

- Cambio de 11 postes rectangulares a postes de hormigón armado circulares de 12 m, con carga de rotura horizontal de 500 kg.
- Colocación de dos postes de hormigón armado circulares de 12 m, con carga de rotura horizontal de 500 kg para la instalación de un transformador en estructura tipo H (en castillo)
- Instalación de red de media tensión en el trayecto de los postes #54855, #55151, #213161, #213162, #212853, #213139, #55138, #55139, #55140, #55141, #55067, P1-P2.
- Transición aérea a subterránea.
- Red subterránea del sistema de iluminación.

## **CÁLCULO LUMÍNICO**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO**

**PROYECTISTA:**

Marlon Polivio Lamas Tamayo

## 1. Cálculo Luminotécnico

Para el cálculo luminotécnico se realiza el método de lúmenes, el cual arroja valores aproximados a los reales, dichos valores son comprobados con los que se obtienen mediante la simulación en el software DIALux evo ®.

Los cálculos se presentan a continuación:

### a) Nivel de iluminación

- Escenario Deportivo CLASE III – Eventos nacionales no televisados
- Iluminancia horizontal media: 750 lux
- Temperatura de color:  $T_k \geq 4\ 000\ K$
- Reproducción de color:  $R_a \geq 65\ \%$

### b) Luminarias a utilizar

Tomando en cuenta el cumplimiento de la Normativa de la FIFA, la luminaria a utilizar será del tipo LED, marca AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT.

Sus características lumínicas son:

- Flujo total: 166 800 lm
- Eficiencia luminosa: 139 lm/W
- Temperatura de color: 5 500 K
- Reproducción de color: 80 %

En la Figura 1, se muestra la luminaria a utilizar.



Figura 1. Luminaria AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT  
Nota. Fuente: (AOK, 2022)

A continuación, se presenta el cálculo teórico del número de luminarias a utilizar en el presente proyecto:

**a) Dimensiones del área a iluminar**

La cancha del estadio tiene las siguientes dimensiones:

- Largo: 100 m
- Ancho: 70 m
- Superficie: 7 000 m<sup>2</sup>

**b) Altura de las torres**

La FIFA estipula valores entre 25 ° y 45° para el ángulo que forma la altura de la torre con el centro del campo de fútbol.

Se calcula la altura mínima.

$$H_{\text{mín}} \geq d \cdot \tan 25^\circ$$
$$H_{\text{mín}} \geq (35 + 19,8)\text{m} \cdot \tan 25^\circ$$
$$H_{\text{mín}} \geq 25,5 \text{ m}$$

Se calcula la altura máxima

$$H_{\text{máx}} \leq d \cdot \tan 45^\circ$$
$$H_{\text{máx}} \leq (35 + 19,8)\text{m} \cdot \tan 45^\circ$$
$$H_{\text{máx}} \leq 54,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura de las torres estará comprendida entre 25,5 m y 54,8 m, para el caso del presente proyecto se utilizarán torres con una altura total de 25,5 m.

**c) Cálculo de la relación del local**

Se obtiene un valor de relación del local de:

$$R_l = \frac{A \cdot L}{h(A + L)}$$
$$R_l = \frac{70 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}}{25,5 \text{ m} (70 \text{ m} + 100 \text{ m})}$$
$$R_l = 1,614$$

El valor del local pertenece a un índice del local F.

**d) Cálculo del coeficiente de utilización**

El coeficiente de utilización es igual a:

$$f_u = 0,43$$

### e) Cálculo del factor de mantenimiento

Considerando que la limpieza de las luminarias se realizará una vez al año y la suciedad sea normal, se tiene un factor de mantenimiento igual a:

$$f_m = 0,7$$

### f) Cálculo del número de luminarias

Se obtiene un número de luminarias de:

$$N_{\text{luminarias}} = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot f_u \cdot f_m}$$
$$N_{\text{luminarias}} = \frac{750 \text{ lux} \cdot 7\,000 \text{ m}^2}{166\,800 \text{ lum} \cdot 0,43 \cdot 0,7}$$
$$N_{\text{luminarias}} = 104,567 \approx 105 \text{ luminarias}$$
$$\frac{N_{\text{luminarias}}}{\text{torre}} = \frac{105}{8} = 13,125 \approx 14 \frac{\text{luminarias}}{\text{torre}}$$

El cálculo anterior se refiere a un cálculo manual, es decir, un estimado para el proyecto de iluminación, el mismo que será analizado mediante la simulación en el software DIALux evo ®.

## 2. Selección Del Sistema De Torres

Las torres del sistema de iluminación son determinadas mediante la normativa de la FIFA, en la que indica que, para escenarios deportivos de Clase III – Eventos nacionales no televisados el número de torres será de 8, las cuales se ubican de forma lateral al terreno de juego de tal manera que no afecten la visibilidad de los espectadores.

Las torres serán de sección circular construidas de acero S355 con un límite a la fluencia de 355 N/mm<sup>2</sup> (36,224 x10<sup>6</sup> Kg/m<sup>2</sup>).

En la parte superior se colocará una placa rectangular sobre la cual se instalarán las respectivas luminarias.

Los detalles de los componentes de las torres de iluminación se muestran en el plano del

El cálculo de las fuerzas ejercidas por el viento hacia las torres se determina mediante la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), a continuación, se expone el procedimiento de cálculo efectuado:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \cdot C_e \cdot C_f$$

- La densidad ( $\rho$ ) del aire puede ser un valor constante de 1.25 kg/m<sup>3</sup>.



- La velocidad máxima del viento ( $V_{m\acute{a}x}$ ) se toma del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, para este caso se tomó el de la Ciudad de Loja, debido a que no existe una estación meteorológica en Catamayo.

En la Tabla 1, se muestran los resultados del cálculo de la presión del viento.

Tabla 1. Resultados de la presión del viento sobre las torres

H (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$V_{m\acute{a}x}$ (m/s)	$V_b$ (m/s)	$C_e$	$C_f$	P (Pa)	P (kg/m <sup>2</sup> )
10			12	2,35	0,8	169,2	17,25
19			12,65	2,76	1,5	372,6	37,99
25,5	1,25	12	12,98	2,96	1,5	399,6	40,74
28,5			13,12	3,04	1,5	410,4	41,84

Nota. Fuente: El autor

En la Figura 2, se muestra la distribución de las cargas producidas por el viento en cada una de las secciones de la torre de iluminación.

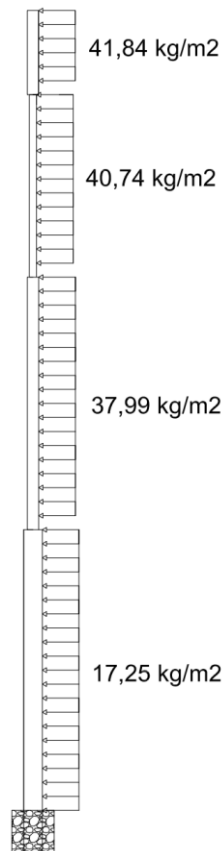


Figura 2. Distribución de las cargas producidas por el viento

Nota. Fuente: El autor

En la Tabla 2, se indican los datos de las torres, los cuales permitirán realizar los cálculos posteriores.

Tabla 2. Datos de las torres a emplear para el sistema de iluminación

Tramo	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo de acero	Límite a la fluencia (Kg/m <sup>2</sup> )
1	660,4	638,4		
2	406,4	386,4	S355	36,224 x10 <sup>6</sup>
3	254	236		

*Nota. Fuente: El autor*

Para el cálculo de la resistencia de la torre de iluminación, se consideran las cargas ocasionadas por el viento como cargas puntuales, esto se consigue al multiplicar el valor de la carga por la unidad de área en la que actúa, los resultados obtenidos en este momento de cálculo se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Cargas puntuales sobre las torres de iluminación

Tramo	Denominación	Magnitud (Kg)
1	F1	357,76
2	F2	436,50
3	F3	207,77
4	F4	878,64

*Nota. Fuente: El autor*

La distribución de las cargas puntuales se muestra en la Figura 3.

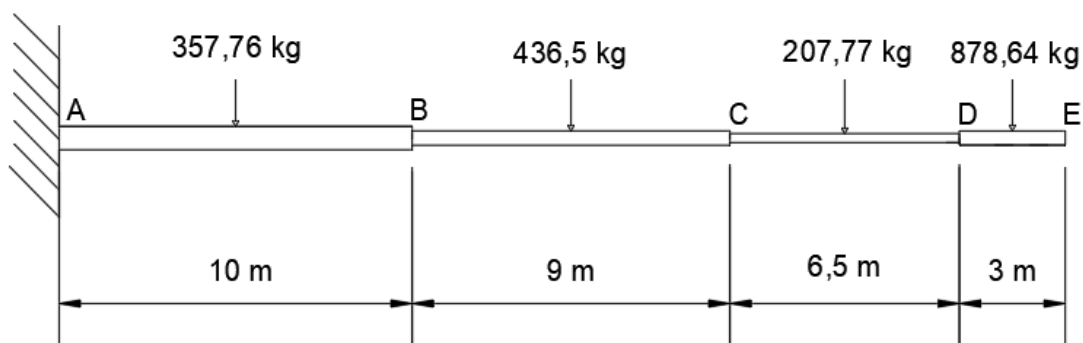


Figura 3. Cargas puntuales

Nota. Fuente: El autor

Mediante el cálculo de esfuerzos cortantes, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 4 y su diagrama en la Figura 4.

Tabla 4. Valores de los esfuerzos cortantes en cada sección

Sección	Esfuerzos cortantes (kg)
	$V_A = 1\ 880,67$
A-B	$V_B = 1\ 880,67$
	$V'_B = 1\ 522,91$
B-C	$V_C = 1\ 522,91$
	$V'_C = 1\ 086,41$
C-D	$V_D = 1\ 086,41$
	$V'_D = 878,64$
D-E	$V_E = 878,64$
	$V'_E = 0$

Nota. Fuente: El autor

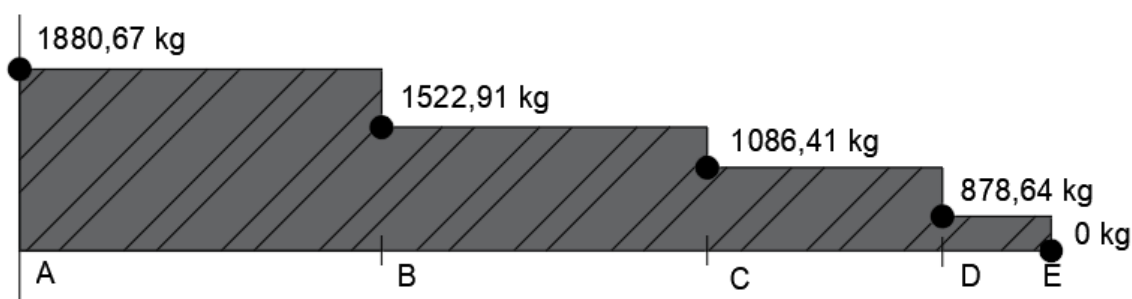


Figura 4. Diagrama de esfuerzos cortantes

Nota. Fuente: El autor

Mediante el cálculo de momentos flectores, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 5 y su diagrama en la Figura 5.

Tabla 5. Valores de los momentos flectores en cada una de las secciones

Sección	Momentos flectores (kg.m)
	$M_A = 0$
A-B	$M_B = 9\ 403,35$
B-C	$M_C = 23\ 870,99$
C-D	$M_D = 32\ 290,66$

Nota. Fuente: El autor

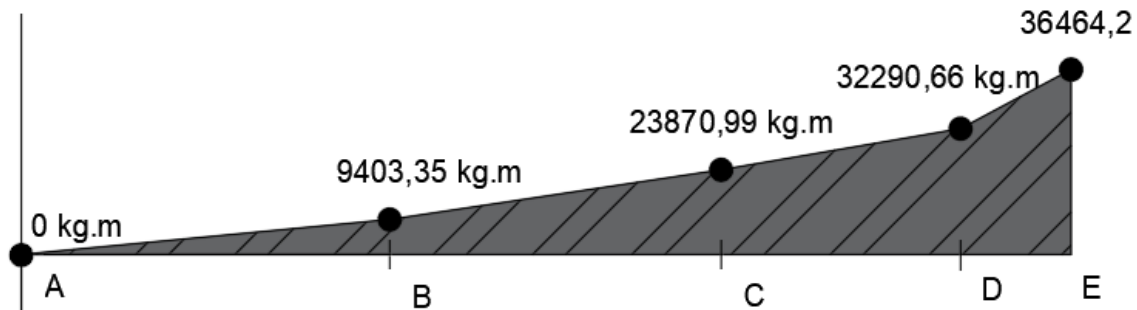


Figura 5. Diagrama de momentos flectores

Nota. Fuente: El autor

Una vez calculados los valores de momentos flectores, se procede a realizar la evaluación de resistencia del material.

Para el cálculo del esfuerzo de las torres, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\theta_{\text{máx}} = \frac{M}{S} \quad \text{Ec. (1)}$$

En donde:

M: Momento Flector (Tabla 5).

S: Módulo de sección.

El módulo de sección para una viga tubular, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\pi}{4 \cdot R} \cdot (R^4 - r^4) \quad \text{Ec. (2)}$$

En donde:

R: Radio exterior de la torre (Tabla 2).

r: radio interior (Tabla 2).

En la Tabla 6, se muestran los resultados de los cálculos de esfuerzos y factor de seguridad de cada tramo.

Tabla 6. Resultados de esfuerzos y factor de seguridad

Tramo	Esfuerzo en cada tramo (N/mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo máximo del material (N/mm <sup>2</sup> )	Factor de seguridad (Fs)
-------	--	--	-----------------------------

1	25,69		13,81
2	194,138	$\leq 355$	1,82
3	230,3		1,54

*Nota. Fuente: El autor*

Los resultados obtenidos indican que las estructuras serán seguras, ya que, el material con el que se construirán es capaz de soportar los esfuerzos producidos por el viento.

En los anexos, se muestra el plano de las torres de iluminación a utilizar.

### 3. Simulación Del Sistema De Iluminación

Para la simulación del sistema de iluminación se utilizó el software DIALux evo®, mediante el cual se evaluó el cumplimiento de las especificaciones lumínicas que deberá tener un estado CLASE III de acuerdo a la Normativa de la FIFA.

La simulación determinó como resultado que se deberán ocupar un total de 15 luminarias por cada torre.

En la Figura 6 y la Figura 7, se muestra la simulación del estadio para la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo, el mismo que posee 4 torres ubicadas lateralmente con respecto a la cancha de fútbol.



Figura 6. Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo

*Nota. Fuente: DIALux evo®*

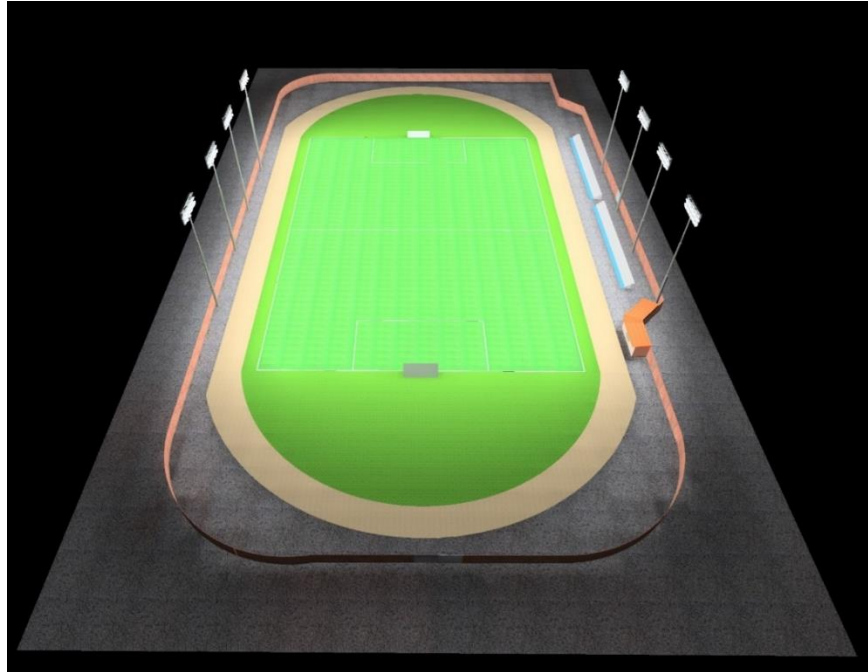


Figura 7. Simulación del sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo

*Nota. Fuente: DIALux evo ®*

Adicionalmente, en la Figura 8, se muestra los resultados de la simulación en una representación de colores falsos, en la que se observan las áreas donde la luz incide con mayor o menor intensidad.

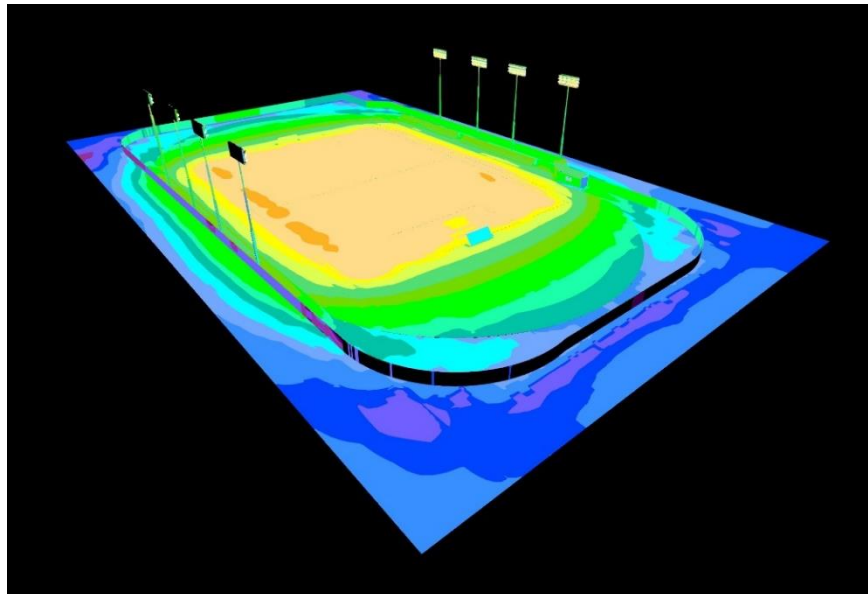


Figura 8. Sistema de iluminación del estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo en colores falsos

*Nota. Fuente: DIALux evo ®*

Por último, en la Figura 9 y la Figura 10 , se observa el direccionamiento del punto de proyección de las luminarias, las mismas que deberán estar ubicadas de modo que, se aproveche la luz y se obtengan los valores de uniformidad expuestos en la Normativa de la FIFA.



Figura 9. Direccionamiento de la luz de las luminarias

Nota. Fuente: DIALux evo ®

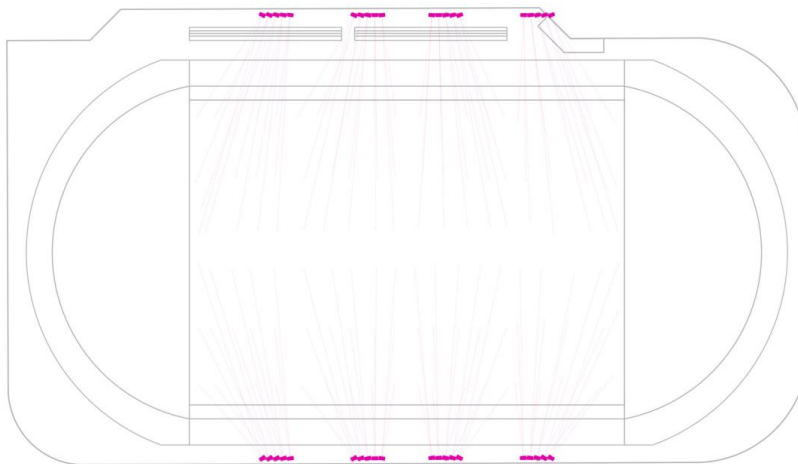


Figura 10. Direccionamiento de la luz en 2D

Nota. Fuente: DIALux evo ®

En los anexos, se observa el informe emitido por DIALux evo ®, donde se detalla la información del número, tipo y características de las luminarias, niveles de iluminación y uniformidad, vistas del proyecto, etc.

## **PRESUPUESTO**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO**

**PROYECTISTA:**

Marlon Polivio Lamas Tamayo



Cálculo Luminotécnico El proyecto del sistema de iluminación se ejecutará como una obra social, es decir, no tendrá un retorno de la inversión.

Para determinar el costo total del proyecto, se realizó un análisis de precios unitarios (APU), en el mismo constan los precios de los materiales y mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto.

En la Tabla 1, se muestra un resumen del análisis de precios unitarios.

Tabla 1. Resumen del Análisis de Precios Unitarios (APU)

<b>PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"</b>					
<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>PROYECCIÓN</b>					
<b>CÓDIGO.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Montaje de Postes de Hormigón Armado, Redondo de 12 m, 500 kg	U	13	531.88	6914.49
2	Montaje de Estructura de Media Tensión (MT) EST-3CR	U	11	198.03	2178.31
3	Tensores y Anclajes para Redes de Media Tensión (MT) TAT-0VS	U	11	104.21	1146.26
4	Instalación de Estación de Transformador Trifásico Convencional de 150 KVA en Nueva Estructura Tipo Castillo	U	1	8097.72	8097.72
5	Tendido de Red Trifásica de Media Tensión (MT)	m	1844	1.54	2835.30
6	Seccionamiento y Protección para tres fases - con seccionador fusible tipo abierto SPV - 3S(100 A - BIL 95)	U	2	362.79	725.58
7	Puesta a Tierra del Transformador PTO-0DC(2)_(1)	U	1	171.60	171.60
8	Transición Aérea a Subterránea de Baja Tensión (BT)	U	1	170.04	170.04
9	Tendido de Red Subterránea de Baja Tensión (BT)	m	620	8.10	5022.82
10	Montaje de Torres de Iluminación	U	8	14577.56	116620.48
11	Instalación de Pararrayos de Torres de Iluminación	U	8	529.46	4,235.69
12	Instalación de Luminarias LED en Torres de Iluminación	U	120	1314.05	157,686.26
13	Puesta a Tierra de los Pararrayos	U	8	309.37	2,474.95
14	Puesta a Tierra de las Luminarias	U	8	279.81	2,238.48

15	Puesta a Tierra del Circuito Subterráneo de Baja Tensión (BT)	U	8	123.57	988.56
16	Puesta a Tierra de la Transición Aérea a Subterránea	U	1	157.15	157.15
17	Instalación de Tablero General de Medición (TGM) y Puesta a tierra	U	1	1258.57	1,258.57
18	Instalación de Tablero de Distribución Principal (TDP) y Puesta a Tierra	U	8	576.96	4,615.69
19	Construcción de Pozos Tipo A	U	1	123.57	123.57
20	Construcción de Pozos Tipo B	U	5	125.97	629.86
21	Construcción de Pozos Tipo C	U	8	128.37	1,026.97
<b>EXISTENTE</b>					
22	Cambio de Estructura 3CR de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
23	Cambio de Estructura 4ER de poste rectangular a poste circular	U	6	41.69	250.11
24	Cambio de Estructura 3ER de poste rectangular a poste circular	U	3	41.69	125.06
25	Cambio de Estructura 3EP de poste rectangular a poste circular	U	2	41.69	83.37
26	Cambio de Estructura 4EP de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
27	Cambio de Estructura 1ED de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
28	Desmontaje y Montaje de Luminaria AP de poste rectangular a circular	U	10	23.27	232.65
29	Desmontaje y Montaje de Tensor para Red de Baja Tensión (BT)	U	8	34.43	275.46
30	Desmontaje de Postes de Hormigón Armado, Rectangular de 12 m, 500 kg	U	11	85.00	935.03
				<b>Total \$</b>	<b>321,345.07</b>
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					

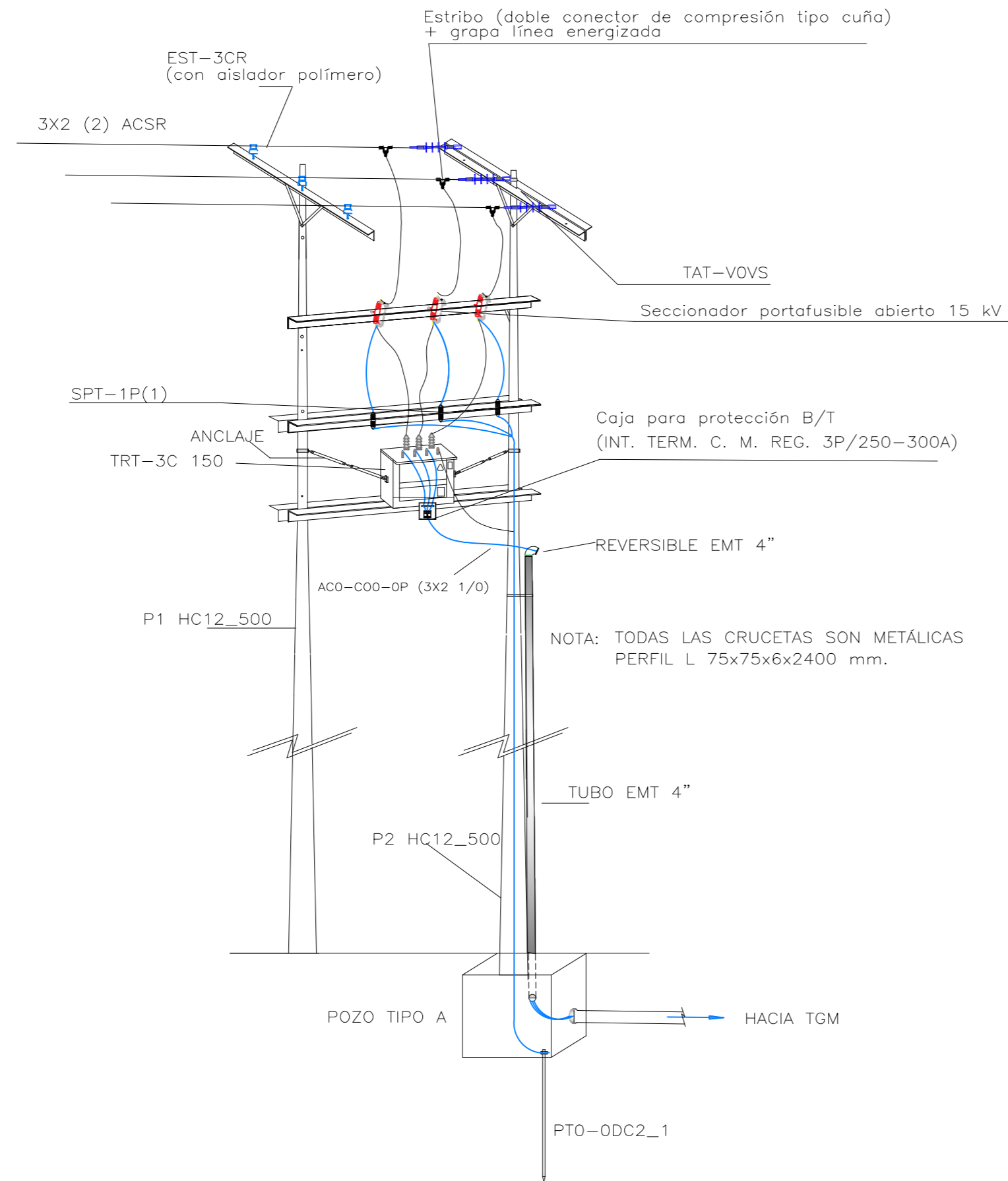
*Nota. Fuente: El autor*

El proyecto tendrá un costo total de 321 345,07 dólares.

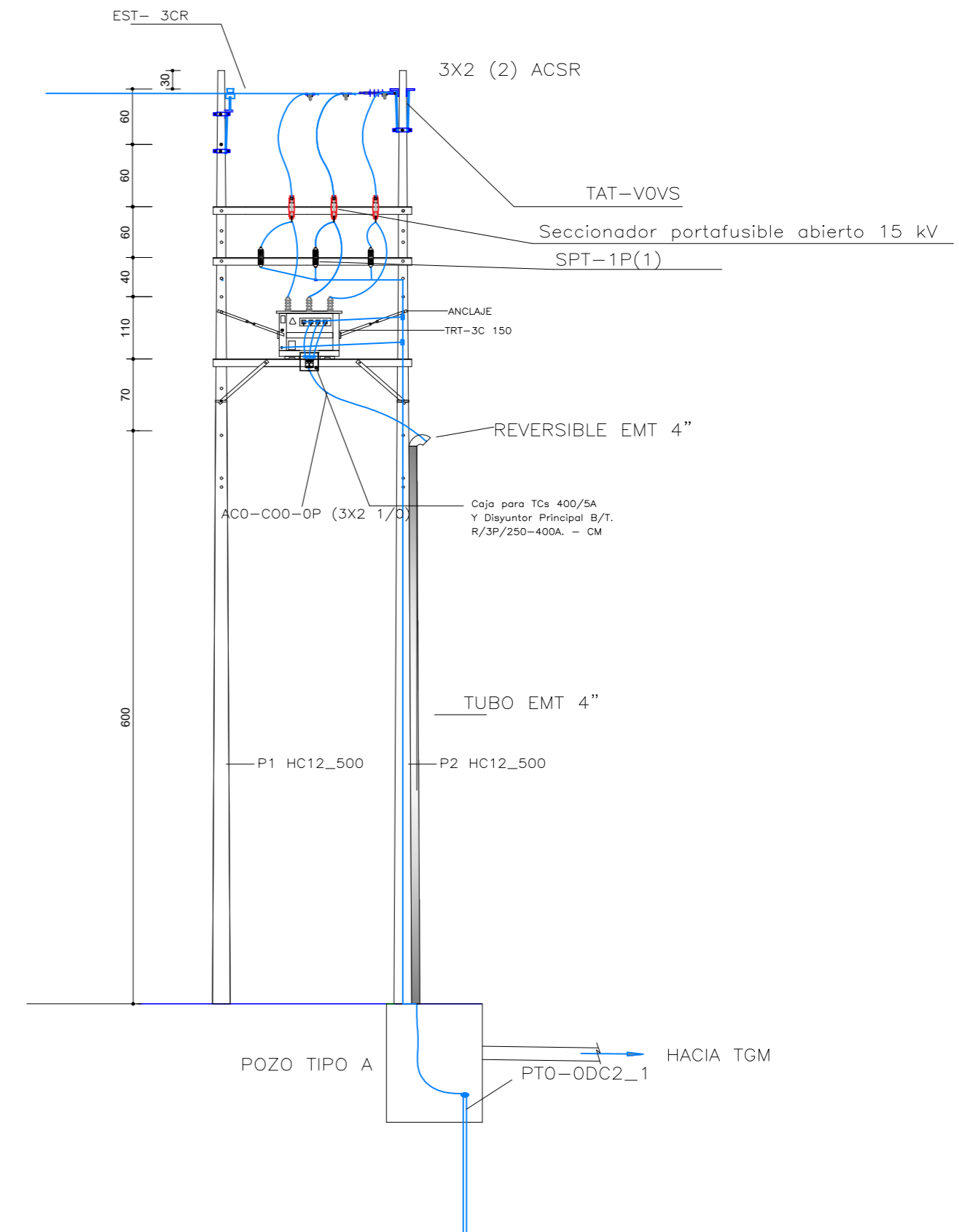
Anexo 7. Cálculo de la Potencia del Transformador									
ESTUDIO Y DISEÑO ELECTRICO									
CUADRO DE CARGA Y FASES EN BT									
PROYECTO:	DISEÑO ELÉCTRICO PARA EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL ESTADIO DE LA LIGA DEPORTIVA CANTONAL DE CATAMAYO								
RESPONSABLE:	MARLON POLIVIO LAMAS TAMAYO								
TORRE 1 - CIRCUITO 1									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 1	C1.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C1.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C1.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 2 - CIRCUITO 2									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 2	C2.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C2.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C2.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 3 - CIRCUITO 3									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 3	C3.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C3.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C3.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 4 - CIRCUITO 4									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 4	C4.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C4.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C4.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 5 - CIRCUITO 5									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 5	C5.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C5.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C5.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 6 - CIRCUITO 6									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 6	C6.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C6.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C6.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 7 - CIRCUITO 7									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 7	C7.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C7.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C7.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	
TORRE 8 - CIRCUITO 8									
DESCRIPCIÓN	CIRCUITO	VOLTAJE (V)	CARGA INSTALADA INICIAL (W)	FACTOR DE SOBRECARGA	DEMANDA MÁXIMA (W)	CORRIENTE NOMINAL	FASE	PROTECCION	CONDUCTOR
TORRE 8	C8.1	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-B	30A-2P	2 (2) TTU
	C8.2	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	A-C	30A-2P	2 (2) TTU
	C8.3	220	5999.4	0.90	5399.46	27.27	B-C	30A-2P	2 (2) TTU
<b>TOTAL</b>					<b>16198.38</b>	<b>81.81</b>		<b>85A-3P</b>	

RESUMEN GENERAL		
DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA (DMU <sub>p</sub> )	129,587.04	W
FACTOR DE COINCIDENCIA (FC)	1.00	
DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA (DMD)	129.59	kW
FACTOR DE POTENCIA (FP)	0.92	
DEMANDA TOTAL DE DISEÑO (DTD)	140.86	KVA
TRANSFORMADOR COMERCIAL	150.00	KVA

## Anexo 8. Planos Transición Aérea a Subterránea




VISTA EN PERSPECTIVA DE DETALLE DE ESTRUCTURA TERMINAL Y MONTAJE DE TRANSFORMADOR

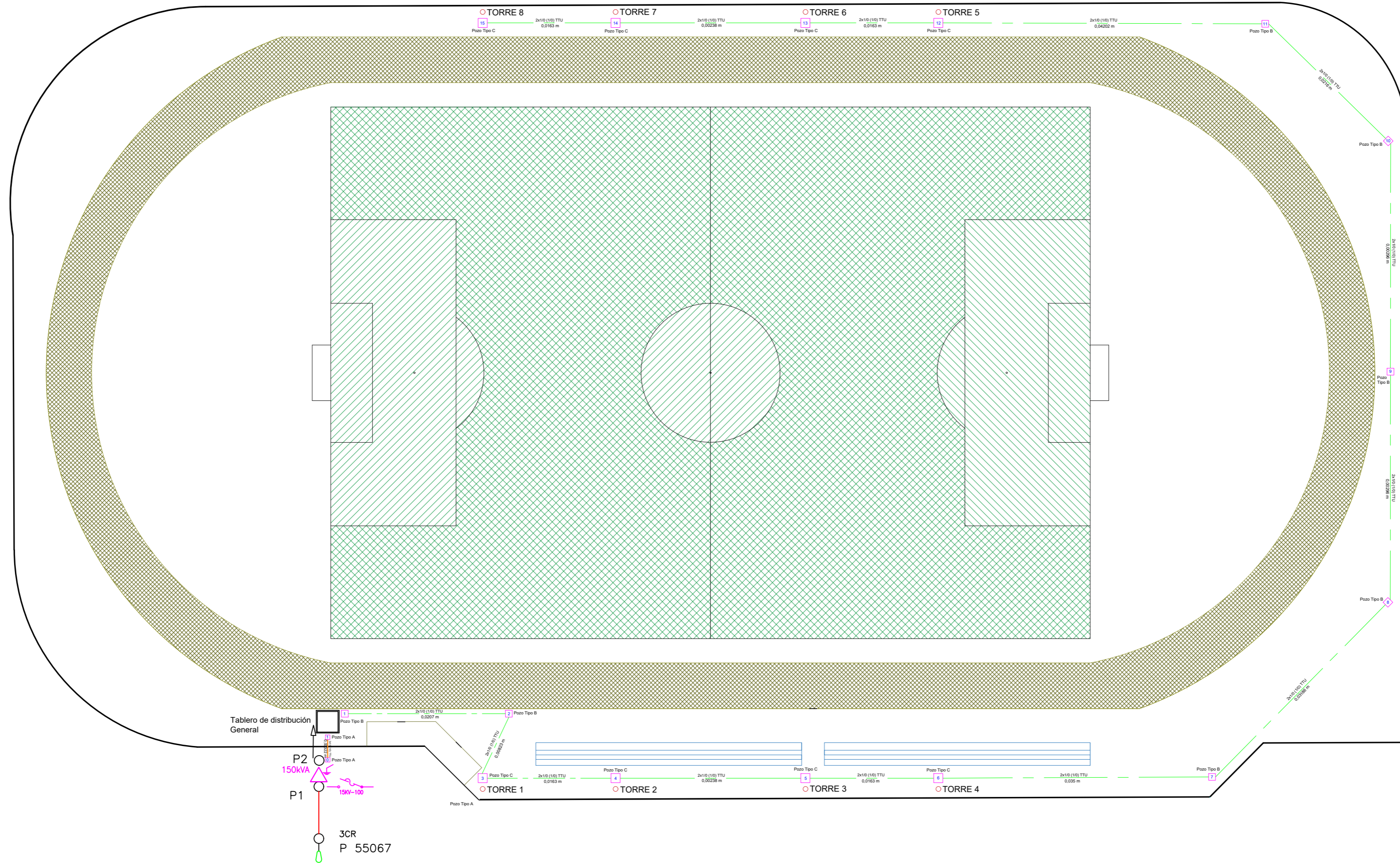


VISTA FRONTAL DE DETALLE DE ESTRUCTURA TERMINAL Y MONTAJE DE TRANSFORMADOR

NOTA: Medidas y dimensiones en metros (cm)


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA</b>				<b>PROYECTO:</b> "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE: Transición Aérea a Proyectada	TUTOR: Ing. Jorge Carrion	TESISTA: Marlon Lamas			LÁMINA: 1/1
	CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		FECHA: Julio 2022

# Anexo 9. Planos Tendido Eléctrico Sistema de Iluminación

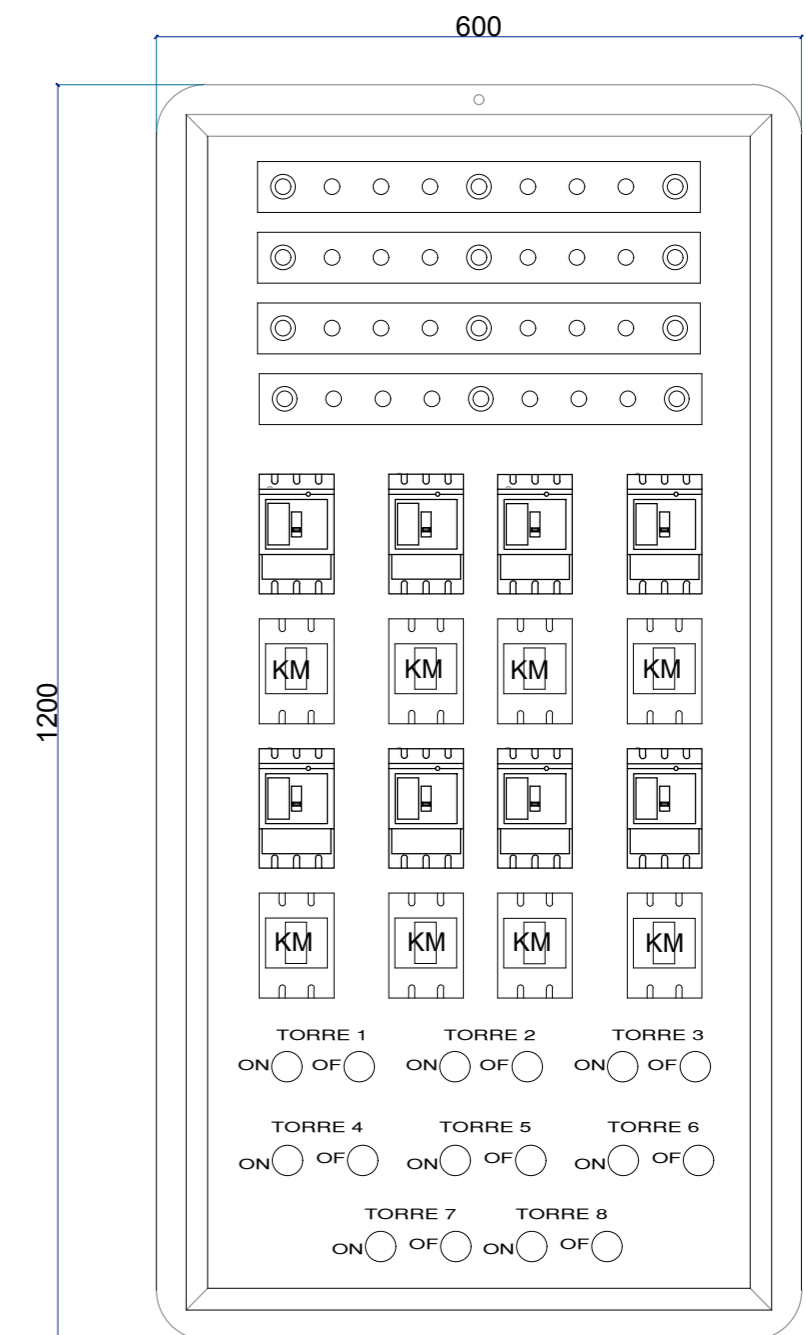
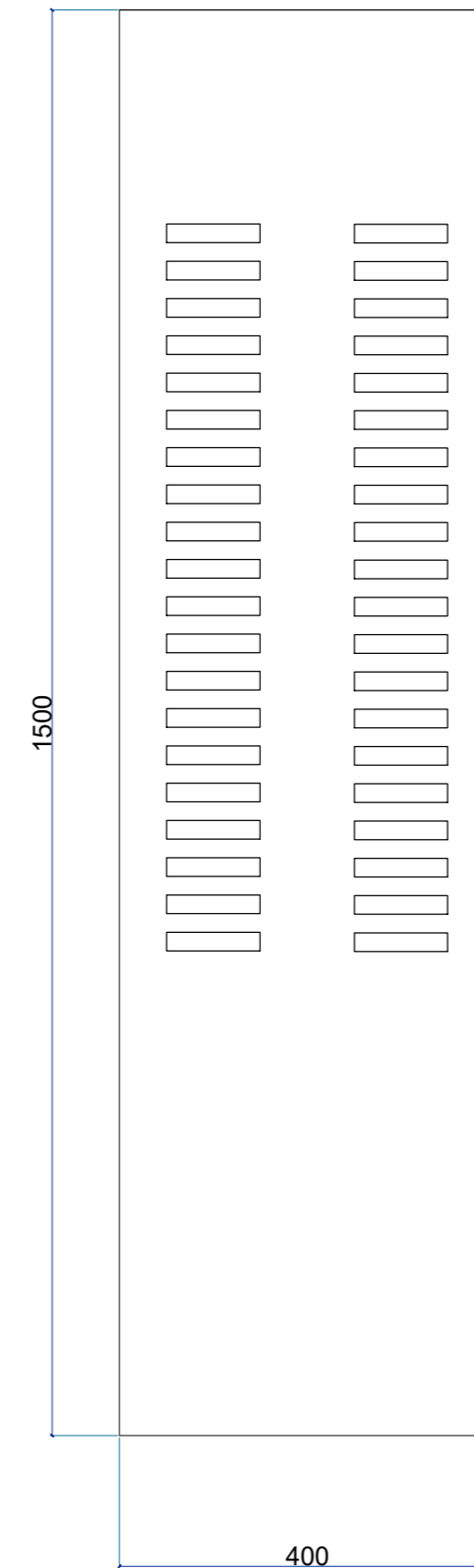
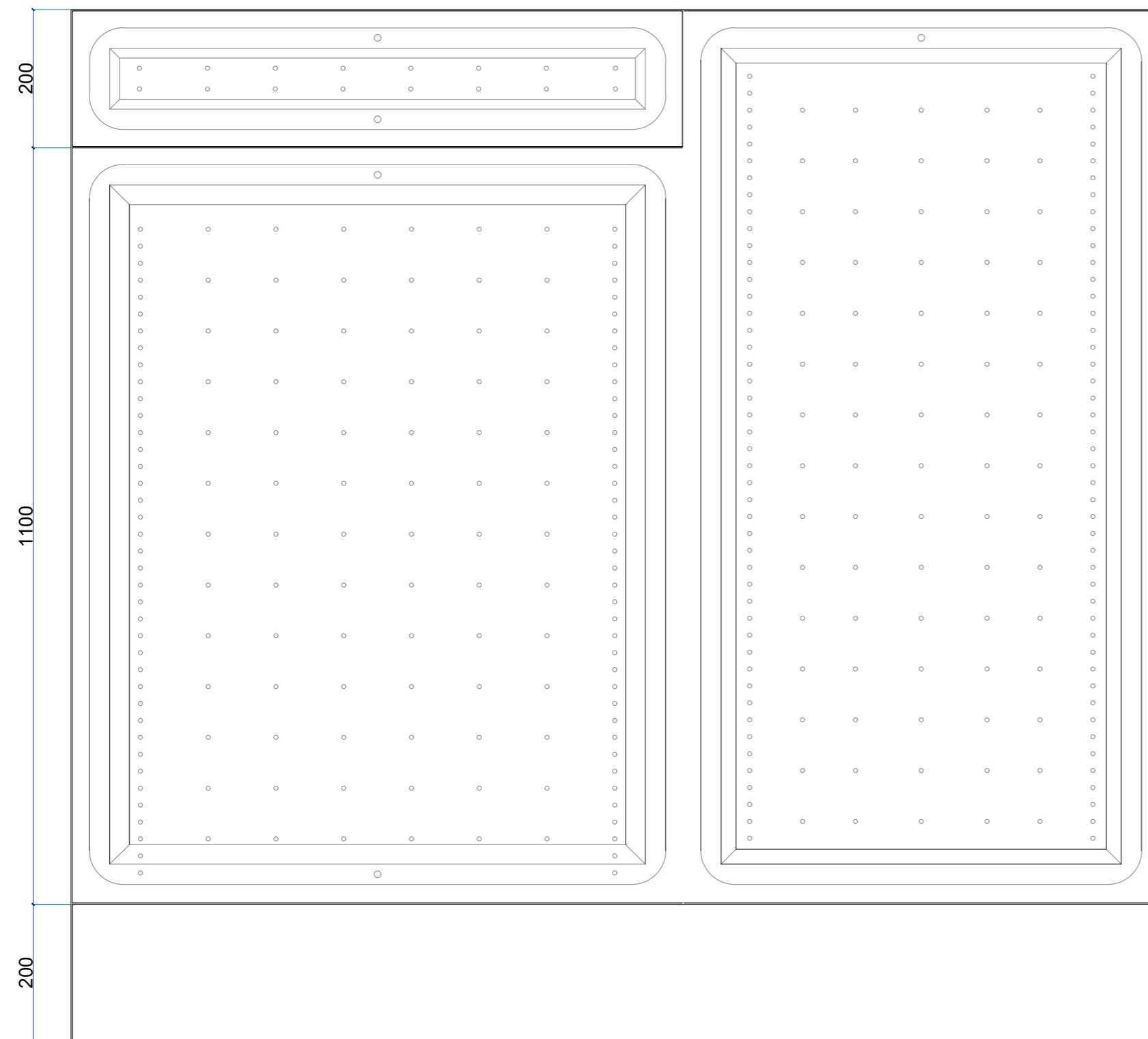


SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
EXISTENTE	PROYECTADO	
		POSTE EXISTENTE
		POSTE HORMIGÓN ARMADO MEDIO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO MEDIO VOLTAJE
		POSTE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO BAJO VOLTAJE
		LÍNEA AÉREA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIO VOLTAJE
		LÍNEA AÉREA DE BAJO VOLTAJE
		LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJO VOLTAJE
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO
		SECCIONADOR FUSIBLE UNIPOLAR ABIERTO CON DISPOSITIVO FOMPRANCO
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR FAROL SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN BAJO VOLTAJE
		TENSOR POSTE A POSTE SIMPLE EN MEDIO VOLTAJE
		TENSOR A TIERRA DOBLE
		TENSOR FAROL DOBLE
		TENSOR POSTE A POSTE DOBLE
		TRANSFORMADOR 3F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 3F AUTOPROTEGIDO n kVA EN POSTE
		TRANSFORMADOR 1F n kVA EN CABINA
		TRANSFORMADOR 3F n kVA EN CABINA
		PADMOUNTED 1F n kVA EXTERIOR
		PADMOUNTED 3F n kVA EN CABINA
		PUESTA A TIERRA
		DESCARGADOR
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (LUGAR)
		MEDIDOR ELECTRÓNICO SIN PUERTO PARA GESTIÓN DE MEDICIÓN REMOTA (FUTURO BENEFICIARIO)
		VIVIENDA HABITADA
		ACOMETIDA
		LUMINARIA SODIO CERRADA n W NIVEL DE POTENCIA CONSTANTE
		RED AÉREA DE ALUMBRADO PÚBLICO
		RED SUBTERRÁNEA DE ALUMBRADO PÚBLICO
		POZOS SUBTERRÁNEOS
		TORRES DE ILUMINACIÓN
		TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN


NOTA: Medidas y dimensiones en metros (m)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE:  Tendido Eléctrico Sistema de Iluminación	TUTOR:  Ing. Jorge Carrion	TESISTA:  Marlon Lamas	 LÁMINA:  1/1	
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		

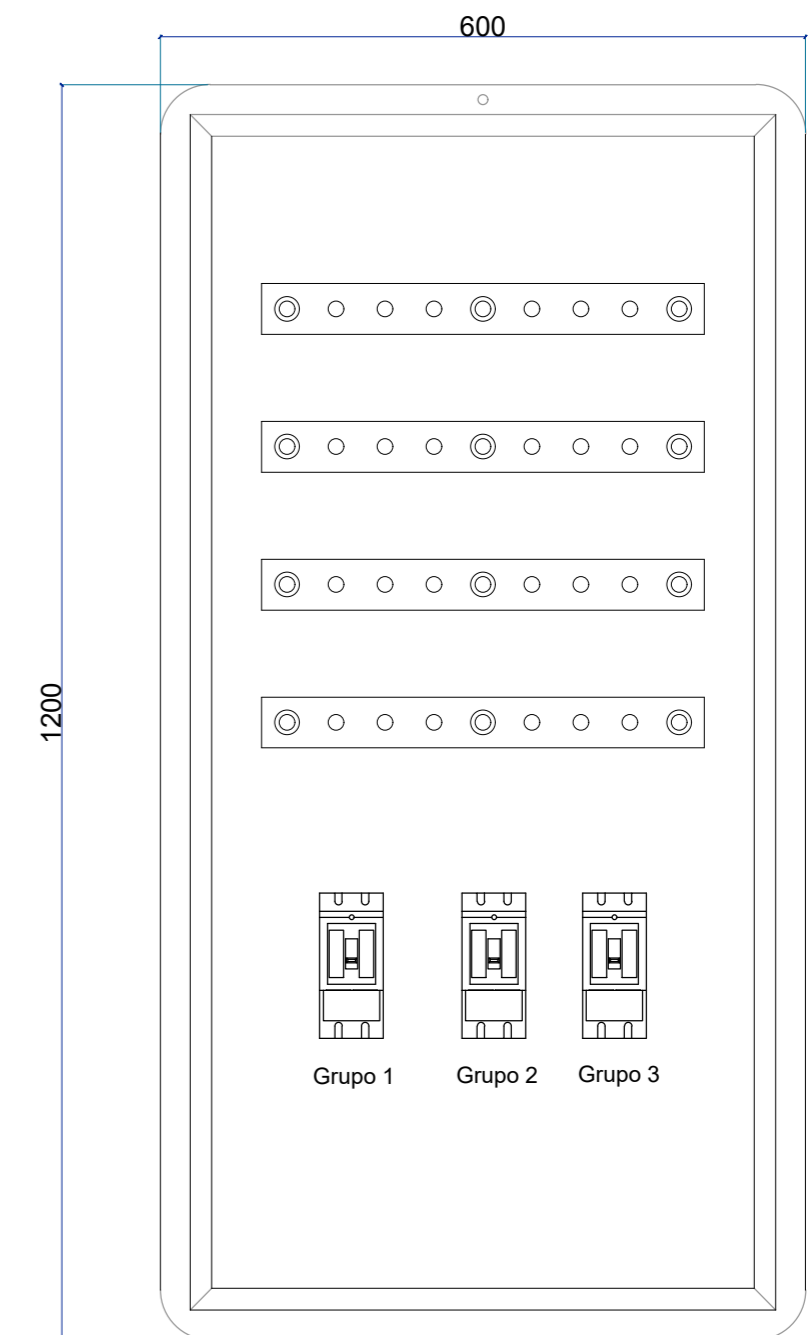
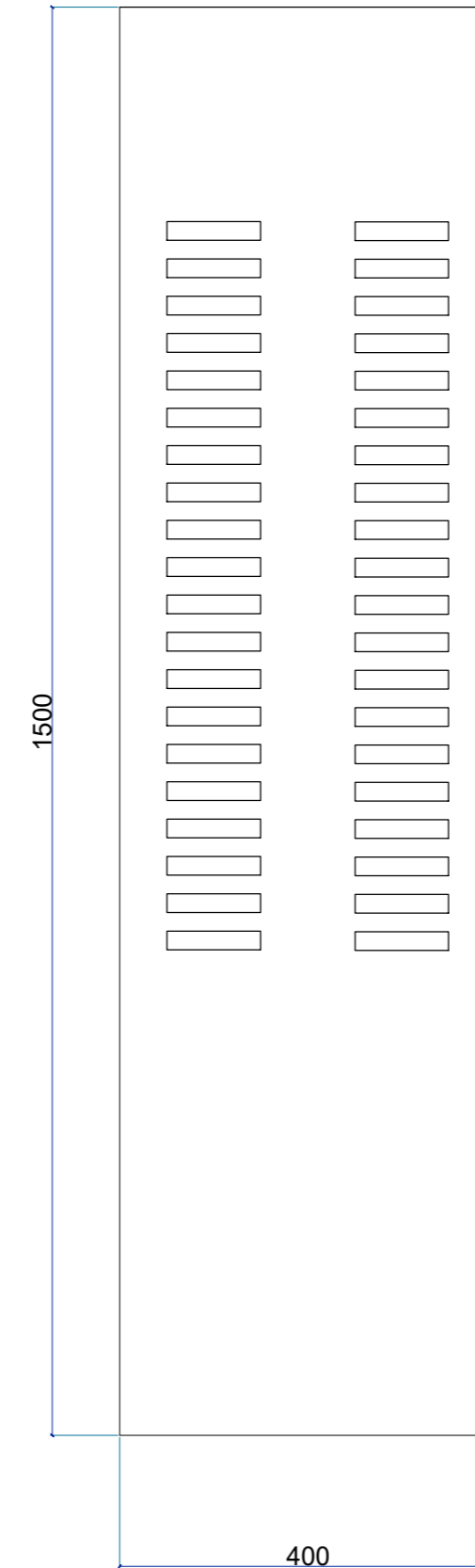
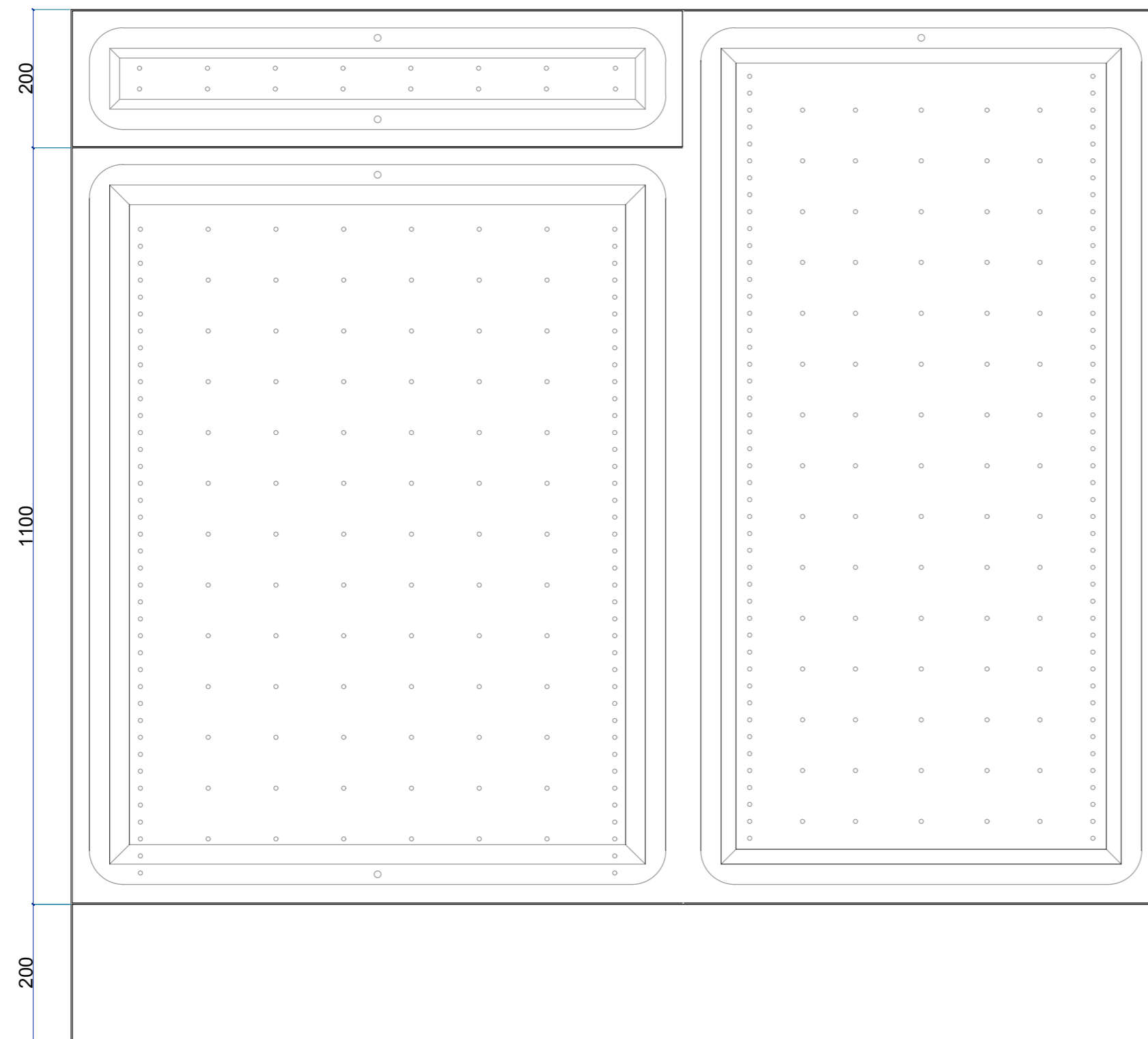
# Anexo 10. Planos Tablero General de Medición (TGM)



NOTA: Medidas y dimensiones en metros (cm)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA				PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE:  Tablero General de Medición (TGM)	TUTOR:  Ing. Jorge Carrion	TESISTA:  Marlon Lamas			LÁMINA:  1/1
	CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		

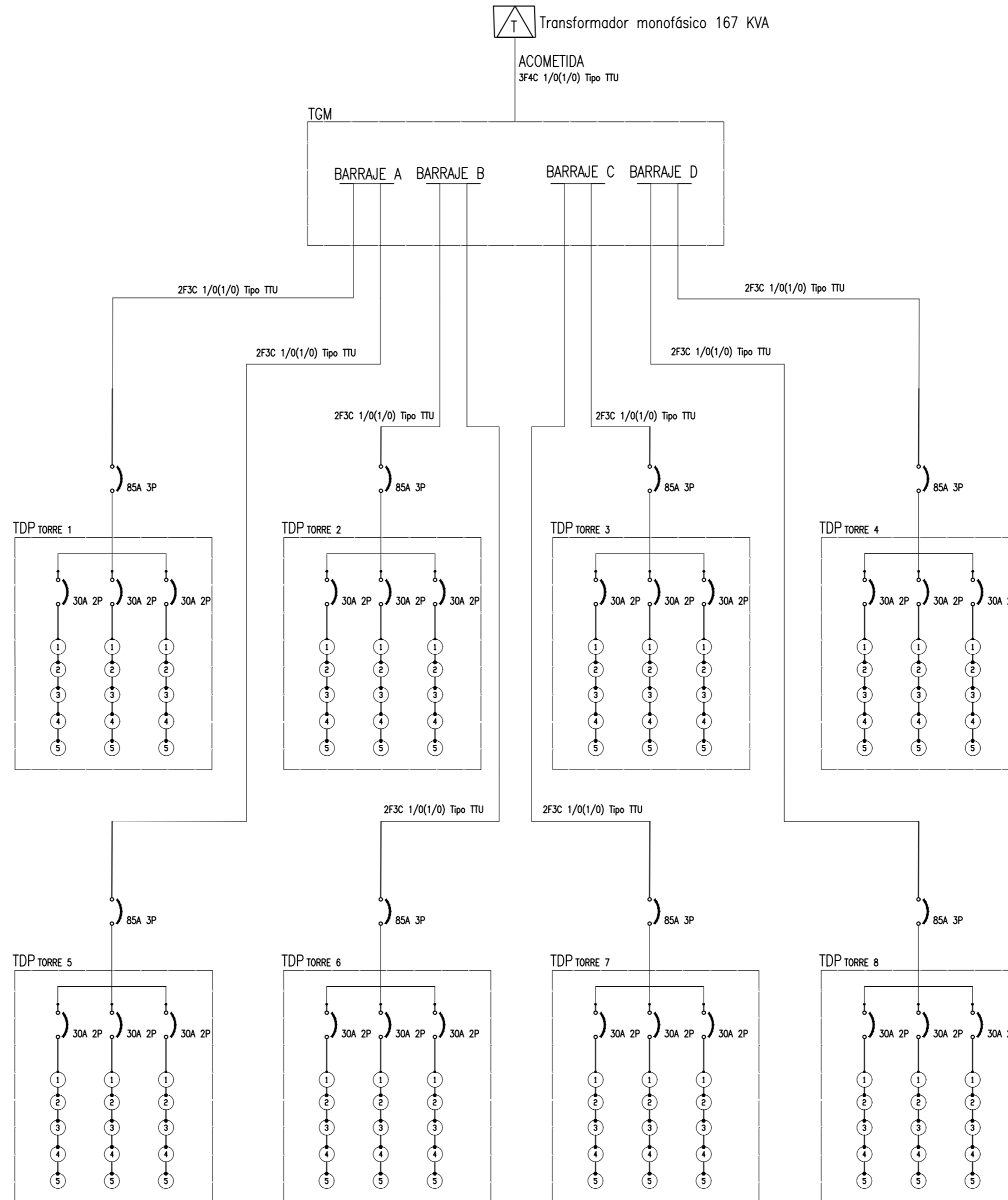
# Anexo 11. Planos Tablero de Distribución Principal (TDP)




NOTA: Medidas y dimensiones en metros (cm)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE: Tablero de Distribución Principal (TDP)	TUTOR: Ing. Jorge Carrion	TESISTA: Marlon Lamas	LÁMINA: 1/1	
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1	FECHA: Julio 2022	

# Anexo 12.1. Planos Diagrama Unifilar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			<b>PROYECTO:</b> "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE:	TUTOR:	TESISTA:	 <b>LÁMINA:</b> 1/1	
Diagrama Unifilar	Ing. Jorge Carrion	Marlon Lamas		
CANTÓN:	PARROQUIA:	ESCALA:	FECHA:	
Catamayo	San José	1:1	Julio 2022	



## Anexo 12.2. Planos Diagramas de Fuerza y Control

DIAGRAMA DE FUERZA

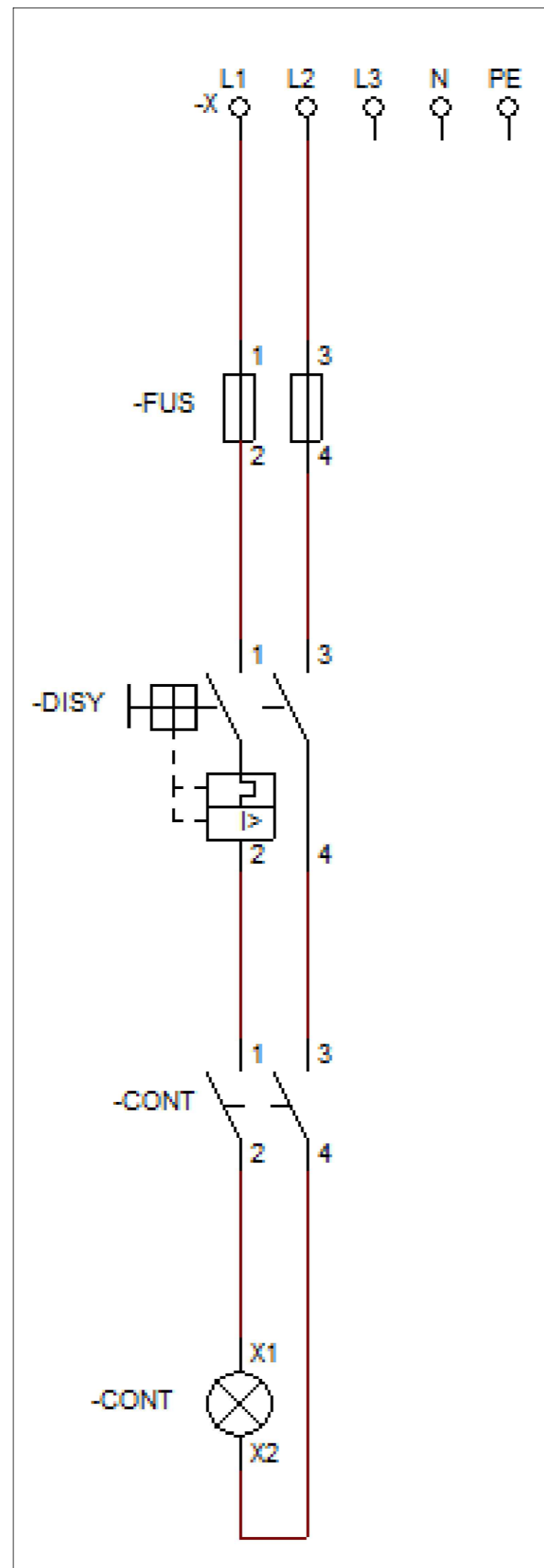
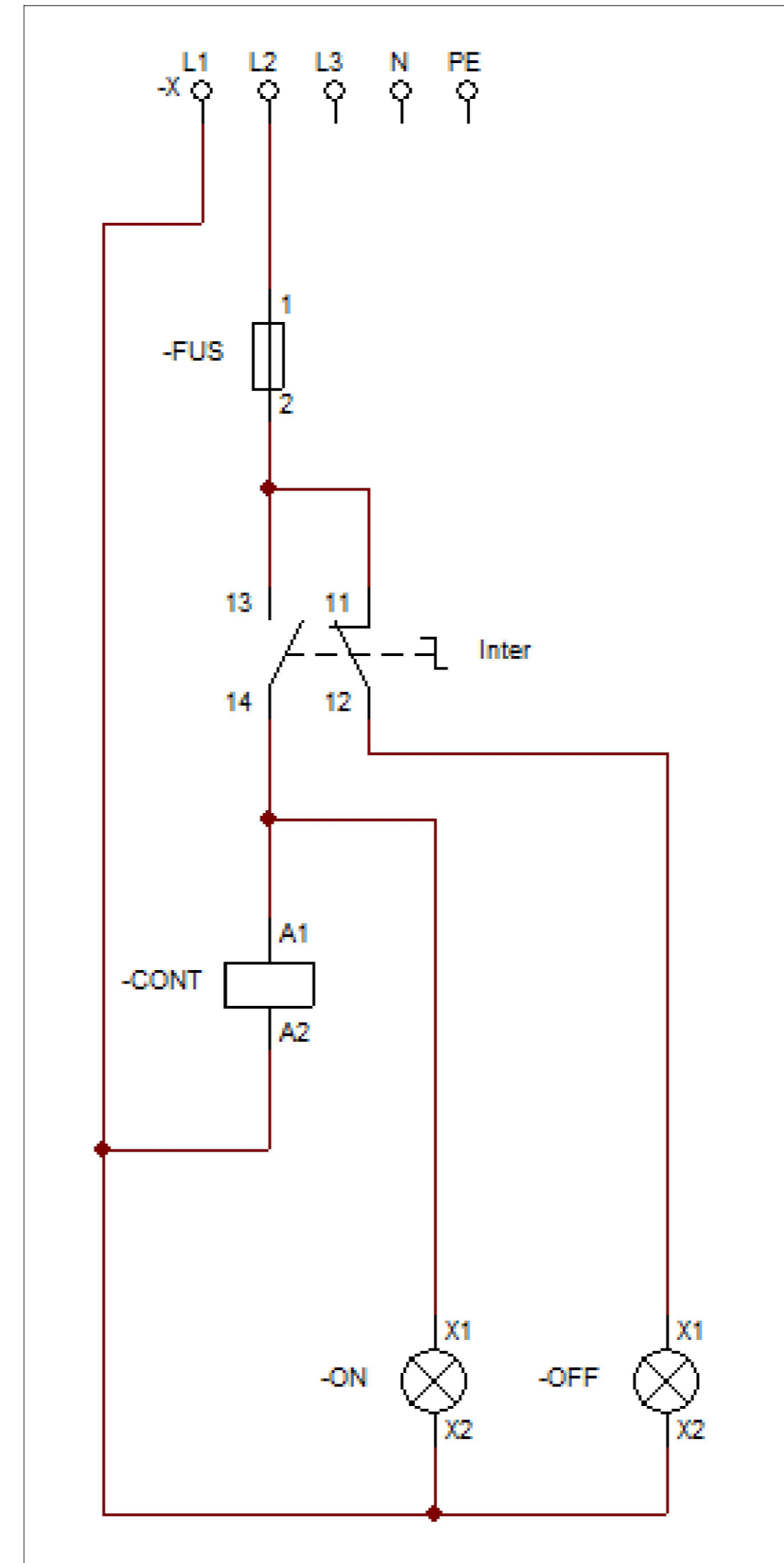


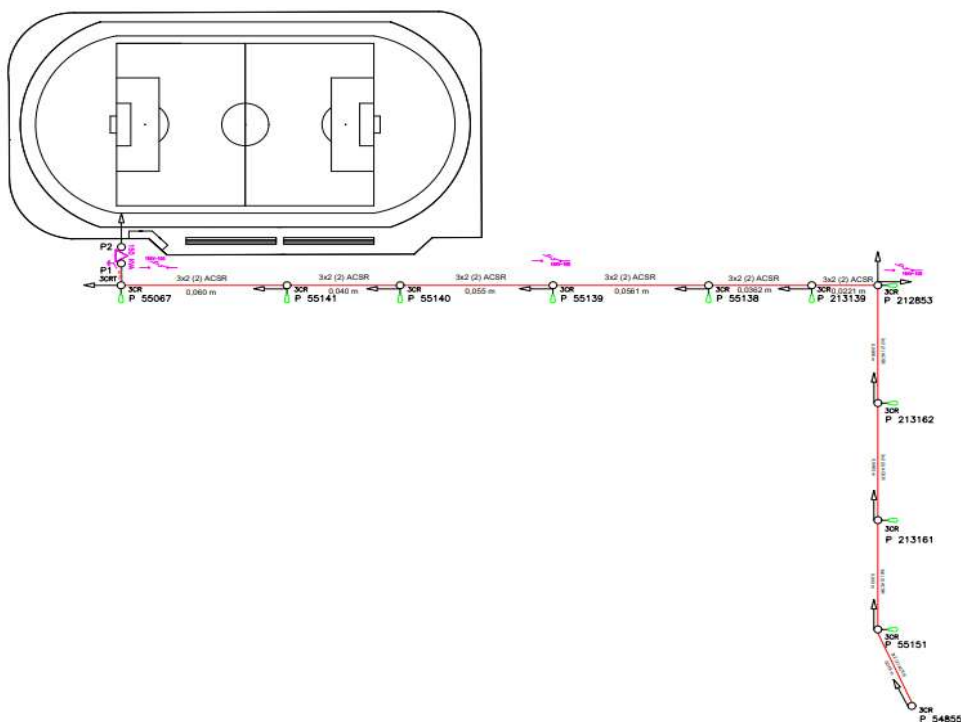
DIAGRAMA DE CONTROL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE: Diagramas de Fuerza y Control	TUTOR: Ing. Jorge Carrion	TESISTA: Marlon Lamas	LÁMINA: 1/1	
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1	FECHA: Julio 2022	

### Anexo 13. Caída de Tensión en MT

<b>ALIMENTADOR PRIMARIO</b>	<b>PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE REDES PRIMARIAS</b>			<b>ANEXO:</b>	<b>13</b>
El Tambo				<b>HOJA:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>	<b>CANTÓN:</b>	<b>PARROQUIA:</b>	<b>BARRIO:</b>	<b>FECHA:</b>	
Loja	Catamayo	San José	La Merced	09/06/2022	
<b>LONGITUD TOTAL:</b>	0.1396 km	<b>NUMERO DE CLIENTES:</b>	1	<b>PROYECTISTA:</b>	Marlon Lamas
<b>VOLTAJE NOMINAL:</b>	7.97 kV	<b>No SECCIÓN SICAP:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>NÚMERO DE FASES:</b>	1F2C	<b>DV DE ARRANQUE:</b>	0.000%	<b>REVISO:</b>	



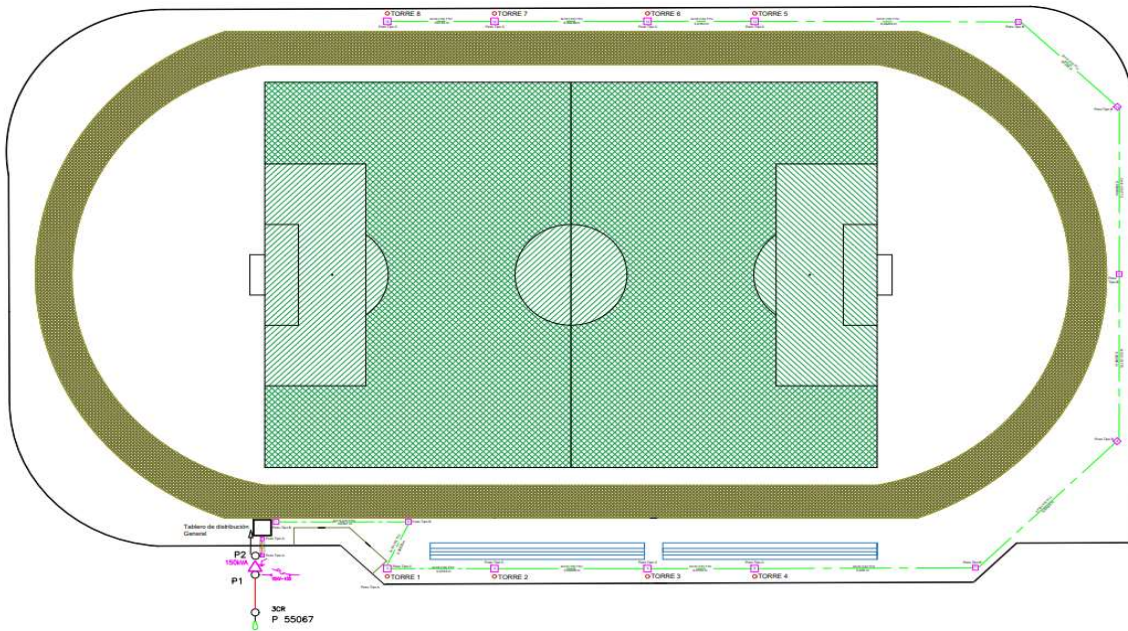
TRAMOS	LONGITUD (KM)	CARGA KVA	Nº FASE/ Nº COND.	CALIBRE AWG	FDV KVxKM	MP. KVxKM	DV% PARCIAL	DV % ACUMULADO
A	B	C	D	E	F	G=BxC	H=G/F	Í
P54855 - P55151	0.048	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	7.200	0.364%	0.364%
P55151 - P213161	0.043	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	6.450	0.326%	0.690%
P213161 - P213162	0.0463	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	6.945	0.351%	1.042%
P213162 - P212853	0.0466	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	6.990	0.354%	1.395%
P212853 - P213139	0.0221	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	3.315	0.168%	1.563%
P213139 - P55138	0.0362	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	5.430	0.275%	1.838%
P55138 - P55139	0.0561	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	8.415	0.426%	2.263%
P55139 - P55140	0.055	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	8.250	0.417%	2.681%
P55140 - P55141	0.04	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	6.000	0.303%	2.984%
P55141 - P55067	0.06	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	9.000	0.455%	3.439%
P55067 - P1P2	0.0077	150	3F4C	3x2 (2) ACSR	1977	1.155	0.058%	3.498%
	0.461							

<b>NOTAS:</b>	<b>DV MÁXIMO (&lt; 3.5 %):</b>
	3.498%

**Anexo 14. Caída de Tensión en BT**

<b>REDES SECUNDARIAS</b>	<b>PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN CÓMPUTO DE CAÍDA DE VOLTAJE REDES SECUNDARIAS</b>			<b>ANEXO:</b>	<b>14</b>
				<b>HOJA:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>	<b>CANTÓN:</b>	<b>PARROQUIA:</b>	<b>BARRIO:</b>	<b>FECHA:</b>	
Loja	Catamayo	San José	La Merced	09/06/2022	
<b>LONGITUD TOTAL:</b>	0.33463 km	<b>NUMERO DE CLIENTES:</b>	1	<b>PROYECTISTA:</b>	Marlon Lamas
<b>VOLTAJE NOMINAL:</b>	220 V	<b>No SECCIÓN SICAP:</b>		<b>RESPONSABLE:</b>	
<b>NÚMERO DE FASES:</b>	3F4C	<b>DV DE ARRANQUE:</b>	0.000%	<b>REVISO:</b>	

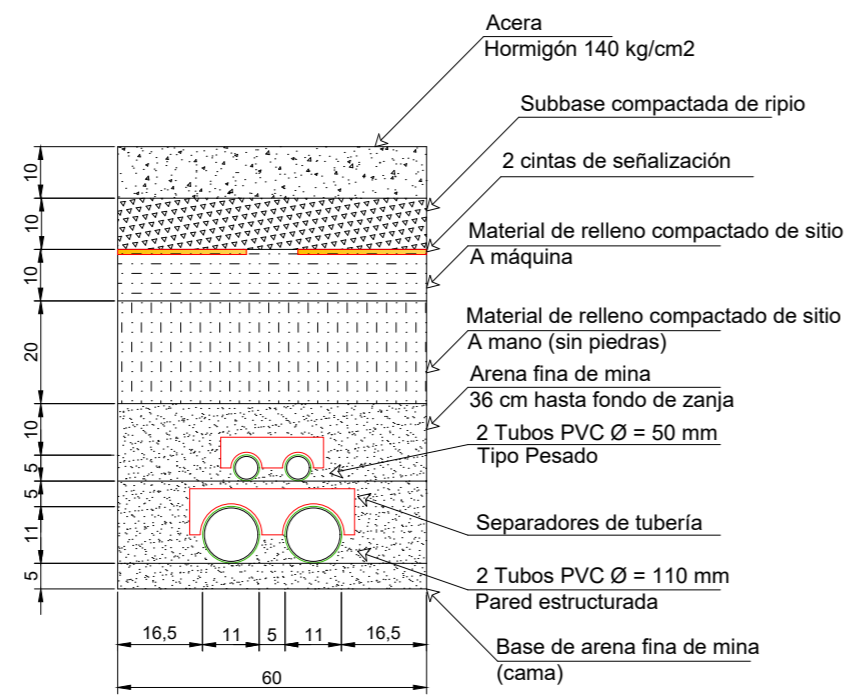
**ESQUEMA:**



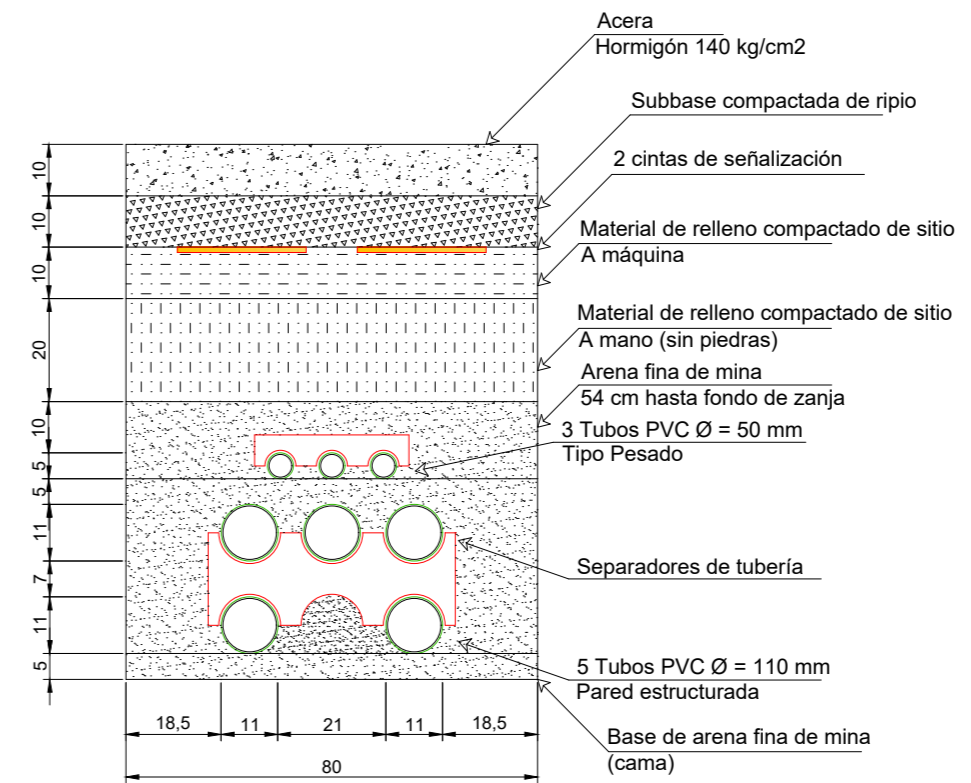
TRAMOS	LONGITUD (KM)	CARGA KVA	Nº FASE/ Nº COND.	CALIBRE AWG	FDV KVAXKM	MP. KVAXKM	DV% PARCIAL	DV % ACUMULADO
A	B	C	D	E	F	G=BxC	H=G/F	Í
0-1	0.00322	167	3F4C	3x1/0 (1/0) TTU	1174	0.538	0.046%	0.046%
1-2	0.0207	167	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	3.457	0.441%	0.487%
2-3	0.00823	167	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	1.374	0.176%	0.663%
3-4	0.0163	149.394	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	2.435	0.311%	0.974%
4-5	0.0238	131.788	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	3.137	0.401%	1.374%
5-6	0.0163	114.182	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	1.861	0.238%	1.612%
6-7	0.035	96.576	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	3.380	0.432%	2.044%
7-8	0.03186	96.576	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	3.077	0.393%	2.437%
8-9	0.0296	96.576	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	2.859	0.365%	2.802%
9-10	0.0296	96.576	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	2.859	0.365%	3.167%
10-11	0.0216	96.576	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	2.086	0.266%	3.433%
11-12	0.04202	78.97	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	3.318	0.424%	3.857%
12-13	0.0163	61.364	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	1.000	0.128%	3.985%
13-14	0.0238	43.758	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	1.041	0.133%	4.118%
14-15	0.0163	26.152	2F3C	2x1/0 (1/0) TTU	783	0.426	0.054%	4.172%
	0.33463							

<b>NOTAS:</b>	<b>DV MÁXIMO (&lt; 4.5 %):</b>
	4.172%

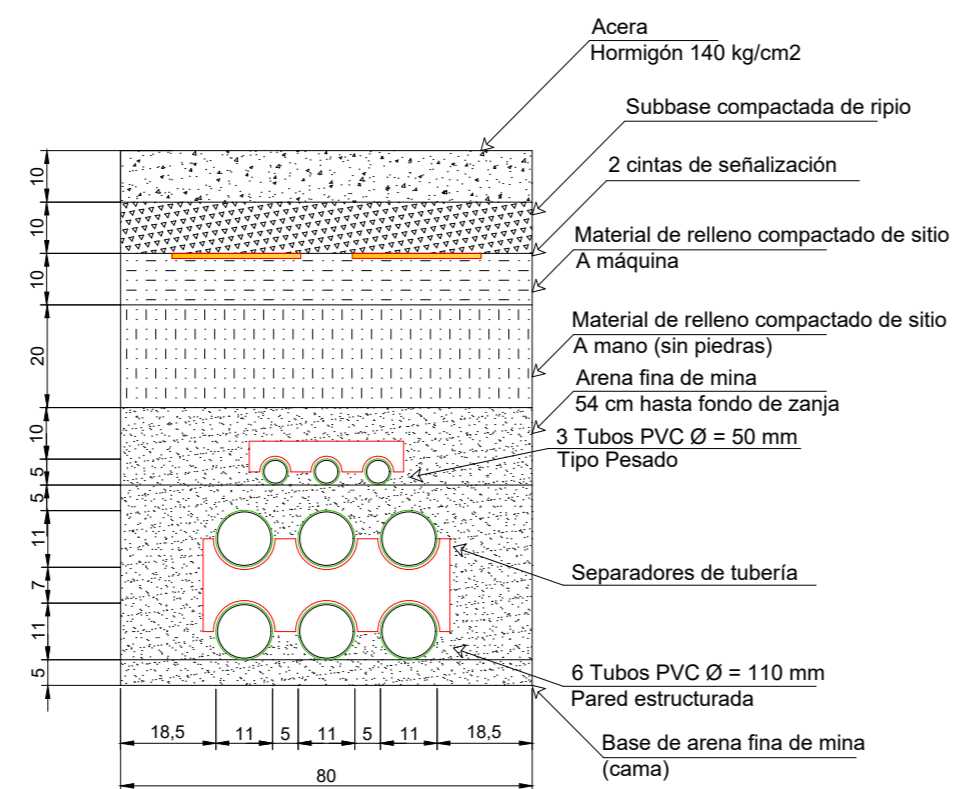
# Anexo 15. Planos Ductos



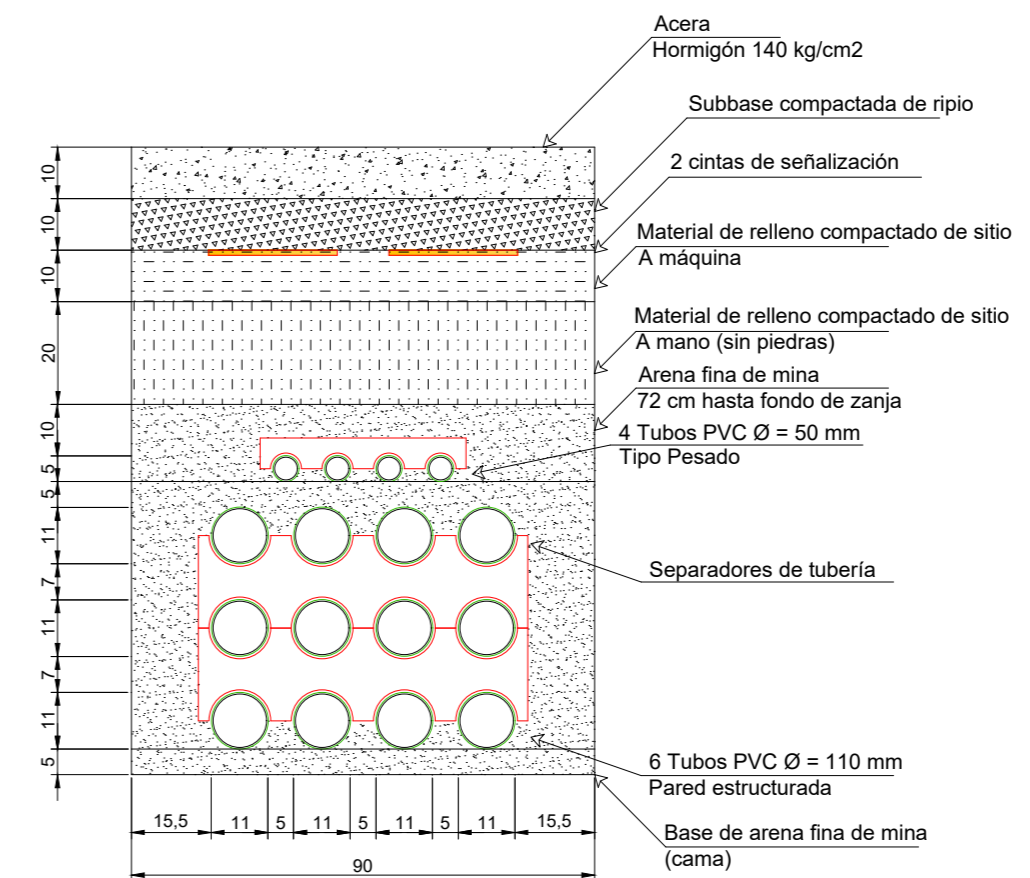
Zanja Tipo 1  
EN ACERA  
EU0-0B(1x2A+1x2B)1



Zanja Tipo 2  
EN ACERA  
EU0-0B(1x3A+2x3B)1




Zanja Tipo 3  
EN ACERA  
EU0-0B(1x3A+2x3B)1



Zanja Tipo 4  
EN ACERA  
EU0-0B(1x4A+3x4B)1

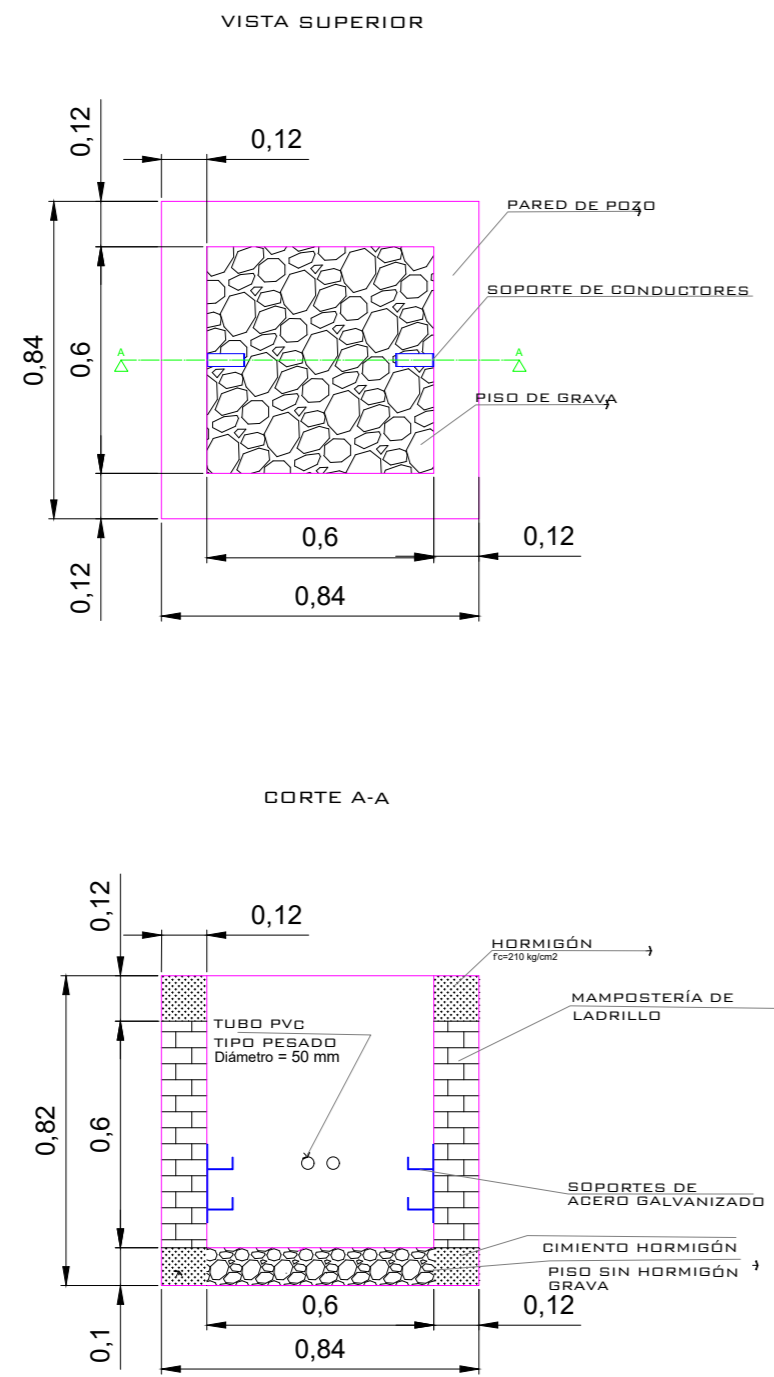
## DETALLE DUCTOS

NOTA: Medidas y dimensiones en centímetros (cm)

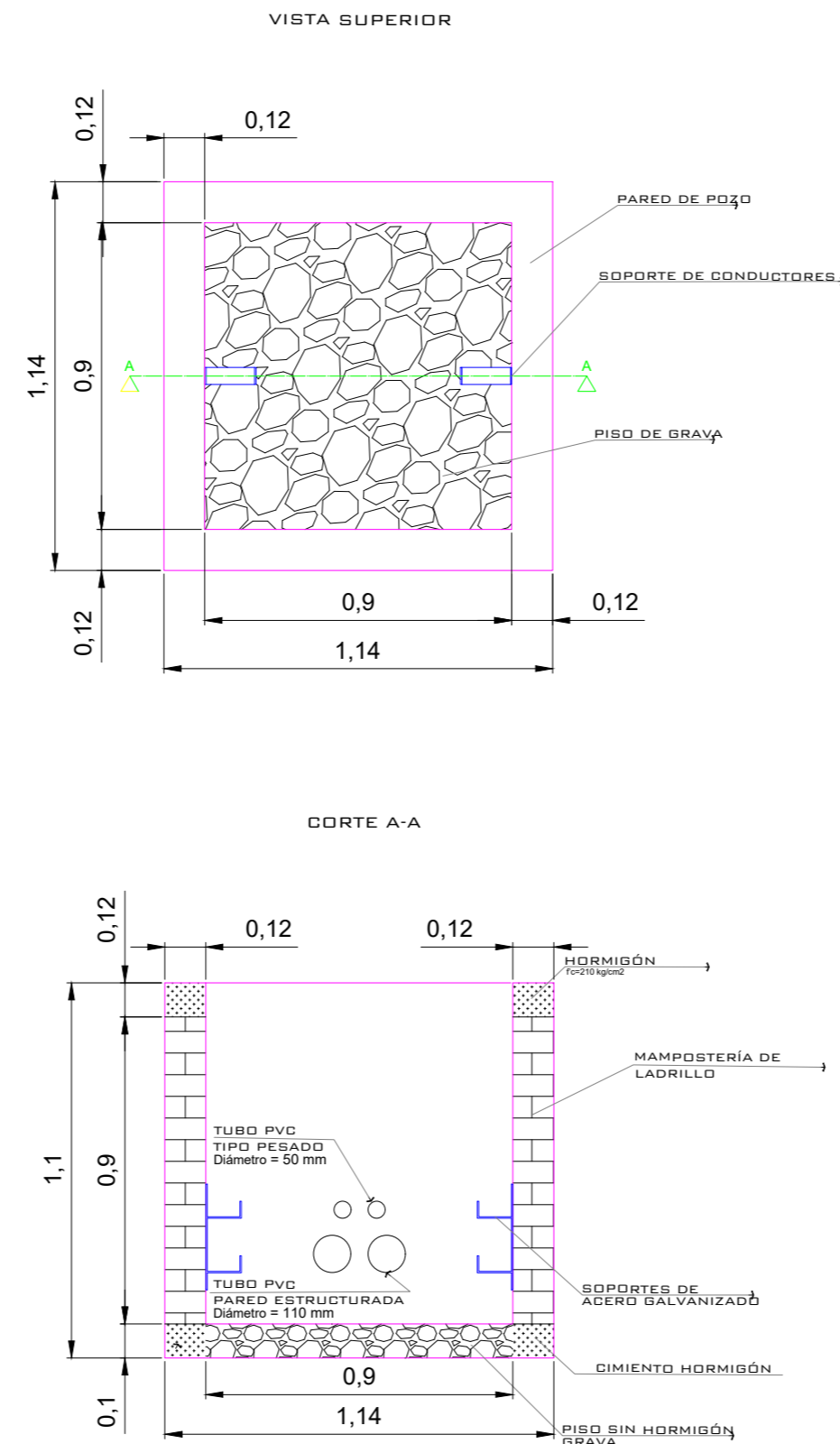
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE:  Ductos	TUTOR:  Ing. Jorge Carrion	TESISTA:  Marlon Lamas		LÁMINA:  1/1
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1	FECHA: Julio 2022	

# Anexo 16. Planos Pozos

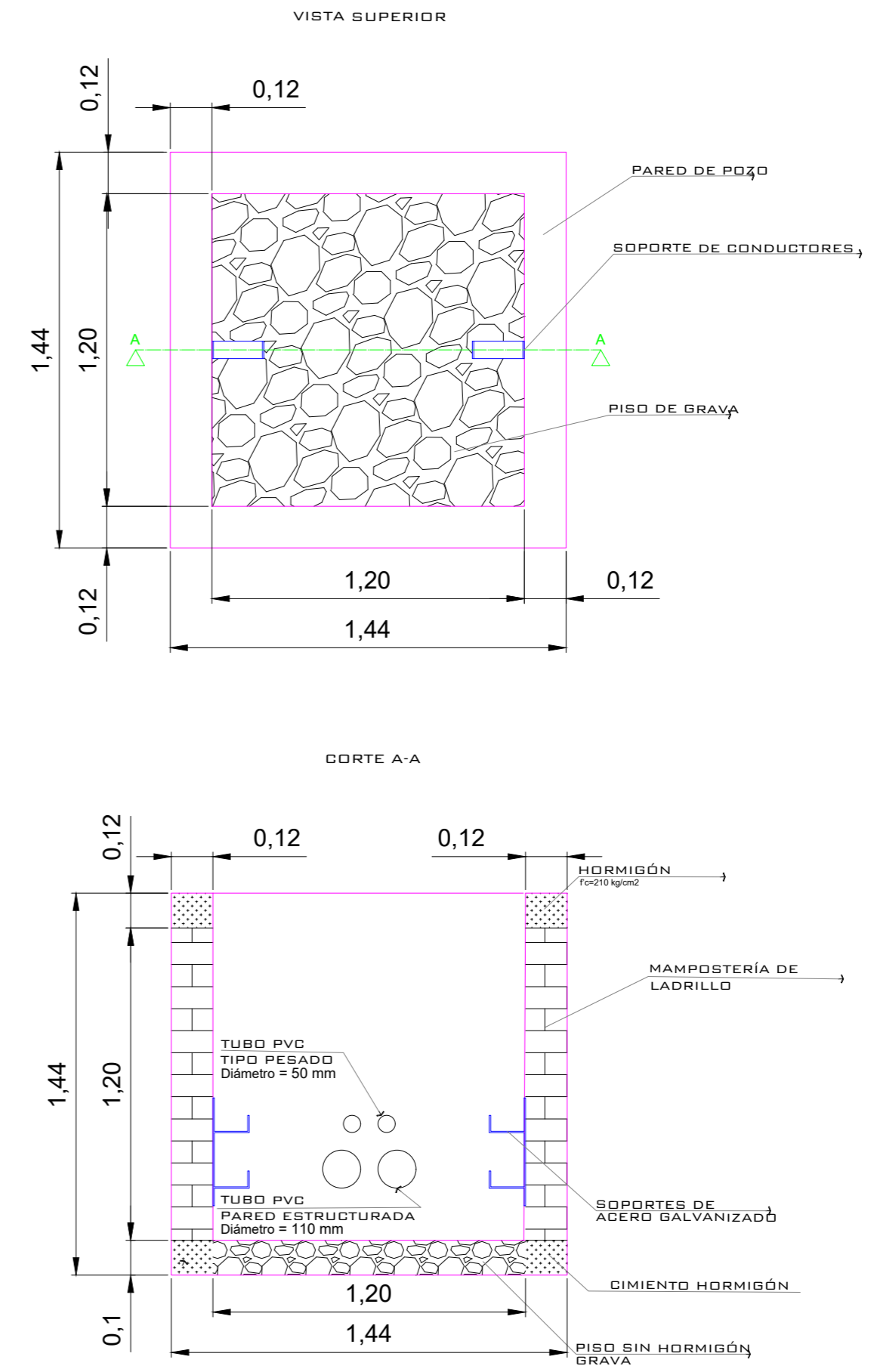
## POZO TIPO A



## POZO TIPO B




## POZO TIPO C



POZOS

NOTA: Medidas y dimensiones en metros (m)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"	
CONTIENE:  Pozos	TUTOR:  Ing. Jorge Carrion	TESISTA:  Marlon Lamas		LÁMINA:  1/1
CANTÓN: Catamayo	PARROQUIA: San José	ESCALA: 1:1		FECHA: Julio 2022

**Anexo 17. Análisis de Precios Unitarios (APU)**

**PROYECTO: "Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo"**

**PRESUPUESTO**

**PROYECCIÓN**

<b>CÓDIGO.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	Montaje de Postes de Hormigón Armado, Redondo de 12 m, 500 kg	U	13	531.88	6914.49
2	Montaje de Estructura de Media Tensión (MT) EST-3CR	U	11	198.03	2178.31
3	Tensores y Anclajes para Redes de Media Tensión (MT) TAT-0VS	U	11	104.21	1146.26
4	Instalación de Estación de Transformador Trifásico Convencional de 150 KVA en Nueva Estructura Tipo Castillo	U	1	8097.72	8097.72
5	Tendido de Red Trifásica de Media Tensión (MT)	m	1844	1.54	2835.30
6	Seccionamiento y Potección para tres fases - con seccionador fusible tipo abierto SPV - 3S(100 A - BIL 95)	U	2	362.79	725.58
7	Puesta a Tierra del Transformador PT0-0DC(2)_(1)	U	1	171.60	171.60
8	Transición Aérea a Subterránea de Baja Tensión (BT)	U	1	170.04	170.04
9	Tendido de Red Subterránea de Baja Tensión (BT)	m	620	8.10	5022.82
10	Montaje de Torres de Iluminación	U	8	14577.56	116620.48
11	Instalación de Pararrayos de Torres de Iluminación	U	8	529.46	4,235.69
12	Instalación de Luminarias LED en Torres de Iluminación	U	120	1314.05	157,686.26
13	Puesta a Tierra de los Pararrayos	U	8	309.37	2,474.95
14	Puesta a Tierra de las Luminarias	U	8	279.81	2,238.48
15	Puesta a Tierra del Circuito Subterráneo de Baja Tensión (BT)	U	8	123.57	988.56
16	Puesta a Tierra de la Transición Aérea a Subterránea	U	1	157.15	157.15
17	Instalación de Tablero General de Medición (TGM) y Puesta a tierra	U	1	1258.57	1,258.57
18	Instalación de Tablero de Distribución Principal (TDP) y Puesta a Tierra	U	8	576.96	4,615.69
19	Construcción de Pozos Tipo A	U	1	123.57	123.57
20	Construcción de Pozos Tipo B	U	5	125.97	629.86
21	Construcción de Pozos Tipo C	U	8	128.37	1,026.97
<b>EXISTENTE</b>					
22	Cambio de Estructura 3CR de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
23	Cambio de Estructura 4ER de poste rectangular a poste circular	U	6	41.69	250.11
24	Cambio de Estructura 3ER de poste rectangular a poste circular	U	3	41.69	125.06
25	Cambio de Estructura 3EP de poste rectangular a poste circular	U	2	41.69	83.37
26	Cambio de Estructura 4EP de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
27	Cambio de Estructura 1ED de poste rectangular a poste circular	U	1	41.69	41.69
28	Desmontaje y Montaje de Luminaria AP de poste rectangular a circular	U	10	23.27	232.65
29	Desmontaje y Montaje de Tensor para Red de Baja Tensión (BT)	U	8	34.43	275.46
30	Desmontaje de Postes de Hormigón Armado, Rectangular de 12 m, 500 kg	U	11	85.00	935.03
				<b>Total \$</b>	<b>321,345.07</b>

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 1/30
					Unidad: u
<b>Montaje de Postes de Hormigón Armado, Redondo de 12 m, 500 kg</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.02
Herramientas manuales (5 % MO)					1.02
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					24.60
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	2	3.65	7.30	1.33	9.71
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	1.33	5.37
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	1.33	5.40
Subtotal N					20.48
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Poste Hormigón Armado de 12 m - 500 kg	u	1	245.00	245.00	
Instalación de Poste Hormigón Armado de 12 m - 500 kg	u	1	80.00	80.00	
Excavación de huecos para Poste Hormigón Armado de 12 m - 500 kg	u	1	19.50	19.50	
Erección y apisonado de Poste Hormigón Armado de 12 m - 500 kg	u	1	53.65	53.65	
Subtotal O					398.15
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					443.24
INDIRECTOS 20 %					88.65
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					531.88
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>531.88</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 2/30
					Unidad: u
<b>Montaje de Estructura de Media Tensión (MT) EST-3CR</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.63
Herramientas manuales (5 % MO)					0.63
Subtotal M					1.26
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1.00	3.65	3.65	0.80	2.92
Maestro eléctrico/liniero	2.00	4.04	8.08	0.80	6.46
Supervisor eléctrico general	1.00	4.06	4.06	0.80	3.25
Subtotal N					12.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (3 x 3 x 1/4")	u	2	20.00	40	
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")	u	4	5.00	20	
Perno ojo de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16 x 254 mm (5/8x 10")	u	2	5.66	11.32	
Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	u	1	1.02	1.016	
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	u	1	3.28	3.28	
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 4 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	u	1	3.50	3.5	
Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")	u	4	0.80	3.2	
Perno rosca corrida de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16 x 306mm (5/8 x 12")	u	2	3.90	7.8	
Aislador de suspensión, caucho siliconado, 15 kV, ANSI DS-15	u	3	10.70	32.1	
Grapa de aleación de Al, terminal apernado, tipo pistola	u	3	6.70	20.1	
Horquilla de acero galvanizado, para anclaje 16 x 75 mm (5/8 x 3")	u	4	2.20	8.812	
Subtotal O					151.13
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					165.02
INDIRECTOS 20 %					33.00
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					198.03
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					198.03



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 3/30
					Unidad: u
Tensores y Anclajes para Redes de Media Tensión (MT) TAT-0VS					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					2.20
Herramientas manuales (5 % MO)					2.20
Subtotal M					4.41
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	3.75	13.69
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	3.75	15.15
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	3.75	15.23
Subtotal N					44.06
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Cable de acero galvanizado, grado Siemens Martin, 7 hilos, 9,52 mm (3/8"), 3155 kgf	m	17	0.81	13.72	
Retención preformada, para cable de acero galvanizado de 9,53 mm (3/8")	u	3	3.15	9.45	
Guardacabo de acero galvanizado, para cable de acero 9, 51 mm (3/8")	u	2	0.51	1.02	
Varilla de anclaje de acero galvanizado, tuerca y arandela, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71")	u	1	8.24	8.24	
Bloque de hormigón para anclaje, con agujero de 20 mm	u	1	3.49	3.49	
Aislador de retenida, porcelana, ANSI 54-2	u	1	1.45	1.45	
Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	u	1	1.00	1.00	
Subtotal O					38.37
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					86.84
INDIRECTOS 20 %					17.37
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					104.21
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					104.21

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 4/30
					Unidad: u
<b>Instalación de Estación de Transformador Trifásico Convencional de 150 KVA en Nueva Estructura Tipo Castillo</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					4.79
Herramientas manuales (5 % MO)					4.79
Grua	1	30.00	30.00	6.06	181.83
Subtotal M					191.40
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	6.06	22.12
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	6.06	48.97
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	6.06	24.61
Subtotal N					95.70
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Transformador trifásico convencional 150 kVA, 13200 GRDY / 7620 V - 120 / 240 V ó 13800 GRDY / 7967 V - 120 /240 V	u	1	5412.00	5412.00	
Seccionador portafusible, unipolar abierto, corriente nominal 100A, 15 KV.	u	3	0.00	0.00	
Pararrayo tipo distribución 15 KV/5KA. Norma ANSIC 62.1	u	3	44.00	132.00	
Estructura de MT. Para soporte de equipos de seccionamiento y protección. Incluye cuatro crucetas metálicas tipo "L" 2400x75x75x6 mm., ocho pie amigo ángulo 760mm y herrajería	m	1	590.00	590.00	
Estructura tipo castillo en postes como base para montaje de transformador (incluye 2 crucetas metálica tipo "L" 2400x75x75x6 mm., 4 pie amigo ángulo 760mm)	m	1	210	210.00	
KIT monofásico para conexión en red M/T aérea (incluye estribo)	kit	3	39	117.00	
Subtotal O					6461.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6748.10
INDIRECTOS 20 %					1349.62
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8097.72
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					8097.72

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 5/30
					Unidad: m
Tendido de Red Trifásica de Media Tensión (MT)					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.02
Herramientas manuales (5 % MO)					0.02
Subtotal M					0.03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	0.02	0.06
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	0.02	0.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.02	0.08
Subtotal N					0.30
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Conductor Desnudo 3x 2 (2) ACSR	m	1	0.95	0.950	
Subtotal O				0.950	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P				0.00	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.28132
INDIRECTOS 20 %					0.26
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.54
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					1.54

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 6/30
					Unidad: u
<b>Seccionamiento y Potección para tres fases - con seccionador fusible tipo abierto SPV - 3S(100 A - BIL 95)</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.63
Herramientas manuales (5 % MO)					0.63
Subtotal M					1.26
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1.00	3.65	3.65	0.80	2.92
Maestro eléctrico/liniero	2.00	4.04	8.08	0.80	6.46
Supervisor eléctrico general	1.00	4.06	4.06	0.80	3.25
Subtotal N					12.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Estribo para derivación, aleación Cu Sn	u	6	7.70	46.2	
Grapa de derivación para línea en caliente de aleación de Al	u	6	10.23	61.38	
Seccionador fusible unipolar, tipo abierto, clase 27 Kv	u	3	45.00	135	
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2000 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4x 79")	u	1	17.50	17.5	
Perno U de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 150 mm (6") de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	u	1	2.87	2.87	
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 4 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	u	1	3.50	3.5	
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4x 28")	u	2	5.00	10	
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	u	2	0.74	1.48	
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, para escalones de revisión, 30 x 6 x (260 a 200 mm de diám.) ( 1 3/16 x 1/4 x (10 1/4 a 7 7/8" )a	u	3	3.50	10.5	
Subtotal O					288.43
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				302.33
	INDIRECTOS 20 %				60.47
	UTILIDAD 0 %				0.00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				362.79
	VALOR OFERTADO (SIN IVA)				362.79

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 7/30
					Unidad: u
<b>Puesta a Tierra del Transformador PT0-0DC(2)_1</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					2.31
Herramientas manuales (5 % MO)					2.31
Subtotal M					4.62
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	2	3.65	7.30	3.00	21.90
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	3.00	12.12
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	3.00	12.18
Subtotal N					46.20
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	u	3	2.58	7.74	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	16	4.34	69.44	
Subtotal O					92.18
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					143.00
INDIRECTOS 20 %					28.60
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					171.60
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>171.60</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 8/30
					Unidad: u
Transición Aérea a Subterránea de Baja Tensión (BT)					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.39
Herramientas manuales (5 % MO)					0.39
Subtotal M					0.78
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	0.66	2.41
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	0.66	2.67
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.66	2.68
Subtotal N					7.76
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Conductor Cobre Suave 3x1/0 (1/0) TTU	u	10	6.16	61.60	
Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple	u	1	1.00	1.00	
Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 2"	u	1	70.00	70.00	
Codo metálico rígido con curva amplia de 90° de 2"	u	1	0.57	0.57	
Subtotal O					133.17
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					141.70
INDIRECTOS 20 %					28.34
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					170.04
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>170.04</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 9/30
					Unidad: u
Tendido de Red Subterránea de Baja Tensión (BT)					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.08
Herramientas manuales (5 % MO)					0.08
Subtotal M					0.15
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	0.10	0.37
Electricista	2	3.65	7.30	0.10	0.73
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.10	0.41
Subtotal N					1.50
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Conductor Cobre Suave 2x1/0 (1/0) TTU	m	1	5.10	5.10	
Subtotal O					5.10
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					6.75
INDIRECTOS 20 %					1.35
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.10
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>8.10</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 10/30
					Unidad: u
Montaje de Torres de Iluminación					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.16
Herramientas manuales (5 % MO)					1.16
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					24.87
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	2	3.65	7.30	1.50	10.95
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	1.50	6.06
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	1.50	6.09
Subtotal N					23.10
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Torres de iluminación Acero S355 de 26 m	u	1	12100.00	12100.00	
Subtotal O					12100.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12147.97
INDIRECTOS 20 %					2429.59
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14577.56
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>14577.56</b>



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 11/30
					Unidad: u
Instalación de Pararrayos de Torres de Iluminación					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.88
Herramientas manuales (5 % MO)					0.88
Grua	1	30.00	30.00	6.06	181.83
Subtotal M					183.59
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	1.50	5.48
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	1.50	6.06
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	1.50	6.09
Subtotal N					17.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Pararrayos INGESCO PDC 3.3-101001	u	1	240.00	240.00	
Subtotal O					240.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					441.22
INDIRECTOS 20 %					88.24
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					529.46
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					529.46

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 12/30
					Unidad: u
<b>Instalación de Luminarias LED en Torres de Iluminación</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.88
Herramientas manuales (5 % MO)					0.88
Grua	1	30.00	30.00	6.06	181.83
Subtotal M					183.59
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	1.50	5.48
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	1.50	6.06
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	1.50	6.09
Subtotal N					17.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Luminaria AOK – INFS – L5050 – 1200W – 12° LED STADIUM LIGHT	u	1	817.16	817.16	
Subtotal O					817.16
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Envío desde China a Ecuador	u	1	76.67	76.67	
Subtotal P					76.67
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1095.04
INDIRECTOS 20 %					219.01
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1314.05
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>1314.05</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 13/30
					Unidad: u
<b>Puesta a Tierra de los Pararrayos</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					4.72
Herramientas manuales (5 % MO)					4.72
Subtotal M					9.45
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	2	3.65	7.30	6.14	44.79
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	6.14	24.79
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	6.14	24.91
Subtotal N					94.48
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	32	4.34	138.88	
Subtotal O				153.88	
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P				0.00	
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)
					257.81
					INDIRECTOS 20 %
					51.56
					UTILIDAD 0 %
					0.00
					COSTO TOTAL DEL RUBRO
					309.37
					<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>
					<b>309.37</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 14/30
					Unidad: u
Puesta a Tierra de las Luminarias					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					3.60
Herramientas manuales (5 % MO)					3.60
Subtotal M					7.21
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	6.14	22.39
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	6.14	24.79
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	6.14	24.91
Subtotal N					72.09
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	32	4.34	138.88	
Subtotal O					153.88
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					233.17
INDIRECTOS 20 %					46.63
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					279.81
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>279.81</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 15/30
					Unidad: u
Puesta a Tierra del Circuito Subterráneo de Baja Tensión (BT)					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					3.60
Herramientas manuales (5 % MO)					3.60
Subtotal M					7.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	6.14	22.39
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	6.14	24.79
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	6.14	24.91
Subtotal N					72.09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	2	4.34	8.68	
Subtotal O					23.68
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					102.97
INDIRECTOS 20 %					20.59
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					123.57
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					123.57

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 16/30
					Unidad: u
<b>Puesta a Tierra de la Transición Aérea a Subterránea</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.76
Herramientas manuales (5 % MO)					1.76
Subtotal M					3.53
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	3.00	10.95
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	3.00	12.12
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	3.00	12.18
Subtotal N					35.25
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	u	3	2.58	7.74	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	16	4.34	69.44	
Subtotal O					92.18
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					130.96
INDIRECTOS 20 %					26.19
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					157.15
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>157.15</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 17/30
					Unidad: u
Instalación de Tablero General de Medición (TGM) y Puesta a tierra					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.06
Herramientas manuales (5 % MO)					0.06
Subtotal M					0.11
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	0.10	0.37
Electricista	1	3.65	3.65	0.10	0.37
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.10	0.41
Subtotal N					1.14
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Tablero metálico para alojamiento de barras BT e interruptores termomagnéticos en caja moldeada (1200x600x400)	u	1	330.00	330.00	
Interruptor Termomagnético SCHNEIDER- C120N - 3X85A - 20KA/230VAC (IEC60947-2) - C - A9N18365	u	8	6.90	55.20	
Contactador Schneider LC1D32P7	u	8	52.50	420.00	
Botoneras	u	8	15.00	120.00	
Barraje preformado para baja tensión 100x10 mm.	u	4	22.50	90.00	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	4	4.34	17.36	
Subtotal O					1047.56
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1048.81
				INDIRECTOS 20 %	209.76
				UTILIDAD 0 %	0.00
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	1258.57
				<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>	<b>1258.57</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 18/30
					Unidad: u
Instalación de Tablero de Distribución Principal (TDP) y Puesta a Tierra					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.08
Herramientas manuales (5 % MO)					0.08
Subtotal M					0.15
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	0.10	0.37
Electricista	2	3.65	7.30	0.10	0.73
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.10	0.41
Subtotal N					1.50
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Tablero metálico para alojamiento de barras BT e interruptores termomagnéticos en caja moldeada (1200x600x400)	u	1	330.00	330.00	
Interruptor Termomagnético CHINT CHI0079A NXB-63 2P 30A 6KA	u	3	6.35	19.05	
Barraje preformado para baja tensión 100x10 mm.	u	4	22.50	90.00	
Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	u	1	10.50	10.50	
Suelda exotérmica	u	1	4.50	4.50	
Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	u	3	2.58	7.74	
Cable de Cu, desnudo, cableado suave #4 AWG	m	4	4.34	17.36	
Subtotal O					479.15
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
				TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	480.80
				INDIRECTOS 20 %	96.16
				UTILIDAD 0 %	0.00
				COSTO TOTAL DEL RUBRO	576.96
				<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>	<b>576.96</b>



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 19/30
					Unidad: u
Construcción de Pozos Tipo A					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.58
Herramientas manuales (5 % MO)					0.58
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					23.71
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	2	4.06	8.12	0.71	5.80
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.04	4.04	0.71	2.89
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.71	2.90
Subtotal N					11.59
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Mampostería de ladrillo con enlucido	m2	1	7.70	7.70	
SopORTE para cables	u	2	9.50	19.00	
Tapón ciego para ductos libres	u	1	0.25	0.25	
Tapón para ductos con cables	u	1	0.25	0.25	
Material filtrante para piso de pozo (grava)	m3	0.036	13.20	0.48	
Tapa para pozos de hormigón armado con losa de 70mm de espesor con marco y brocal metálico galvanizado espesor de 4mm y 50mm de base x 75mm de alto ,abertura de 110° de 700mm x 700mm interior y 600mm x 600mm exterior	u	1	40.00	40.00	
Subtotal O					67.68
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					102.98
INDIRECTOS 20 %					20.60
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					123.57
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>123.57</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 20/30
					Unidad: u
Construcción de Pozos Tipo B					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.58
Herramientas manuales (5 % MO)					0.58
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					23.71
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	2	4.06	8.12	0.71	5.80
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.04	4.04	0.71	2.89
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.71	2.90
Subtotal N					11.59
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Mampostería de ladrillo con enlucido	m2	1	7.70	7.70	
SopORTE para cables	u	2	9.50	19.00	
Tapón ciego para ductos libres	u	1	0.25	0.25	
Tapón para ductos con cables	u	1	0.25	0.25	
Material filtrante para piso de pozo (grava)	m3	0.036	13.20	0.48	
Tapa para pozos de hormigón armado con losa de 70mm de espesor con marco y brocal metálico galvanizado espesor de 4mm y 50mm de base x 75mm de alto ,abertura de 110° de 700mm x 700mm interior y 900mm x 900mm exterior	u	1	42.00	42.00	
Subtotal O					69.68
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					104.98
INDIRECTOS 20 %					21.00
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					125.97
VALOR OFERTADO (SIN IVA)					125.97

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 21/30
					Unidad: u
Construcción de Pozos Tipo C					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.58
Herramientas manuales (5 % MO)					0.58
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					23.71
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Peón	2	4.06	8.12	0.71	5.80
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	4.04	4.04	0.71	2.89
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	0.71	2.90
Subtotal N					11.59
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Mampostería de ladrillo con enlucido	m2	1	7.70	7.70	
Soporte para cables	u	2	9.50	19.00	
Tapón ciego para ductos libres	u	1	0.25	0.25	
Tapón para ductos con cables	u	1	0.25	0.25	
Material filtrante para piso de pozo (grava)	m3	0.036	13.20	0.48	
Tapa para pozos de hormigón armado con losa de 70mm de espesor con marco y brocal metálico galvanizado espesor de 4mm y 50mm de base x 75mm de alto ,abertura de 110° de 700mm x 700mm interior y 1200mm x 1200mm exterior	u	1	44.00	44.00	
Subtotal O					71.68
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					106.98
INDIRECTOS 20 %					21.40
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					128.37
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>128.37</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 22/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 3CR de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 23/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 4ER de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 24/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 3ER de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 25/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 3EP de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 26/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 4EP de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>



<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 27/30
					Unidad: u
Cambio de Estructura 1ED de poste rectangular a poste circular					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.58
Herramientas manuales (5 % MO)					1.58
Subtotal M					3.16
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.00	7.30
Maestro eléctrico/liniero	2	4.04	8.08	2.00	16.16
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.00	8.12
Subtotal N					31.58
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					34.74
INDIRECTOS 20 %					6.95
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.69
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>41.69</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 28/30
					Unidad: u
<b>Desmontaje y Montaje de Luminaria AP de poste rectangular a circular</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					0.88
Herramientas manuales (5 % MO)					0.88
Subtotal M					1.76
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	1.50	5.48
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	1.50	6.06
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	1.50	6.09
Subtotal N					17.63
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					19.39
INDIRECTOS 20 %					3.88
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					23.27
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>23.27</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
					Hoja 29/30
					Unidad: u
<b>Desmontaje y Montaje de Tensor para Red de Baja Tensión (BT)</b>					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					1.30
Herramientas manuales (5 % MO)					1.30
Subtotal M					2.61
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	1	3.65	3.65	2.22	8.10
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	2.22	8.97
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.22	9.01
Subtotal N					26.09
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					28.69
INDIRECTOS 20 %					5.74
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					34.43
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>34.43</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
					Hoja 30/30
					Unidad: u
Desmontaje de Postes de Hormigón Armado, Rectangular de 12 m, 500 kg					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Seguridad Industrial (5% MO)					2.19
Herramientas manuales (5 % MO)					2.19
Grua	1	30.00	30.00	1.33	22.56
Subtotal M					26.95
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
Ayudante de electricista	2	3.65	7.30	2.85	20.81
Maestro eléctrico/liniero	1	4.04	4.04	2.85	11.51
Supervisor eléctrico general	1	4.06	4.06	2.85	11.57
Subtotal N					43.89
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Subtotal O					0.00
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Subtotal P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					70.84
INDIRECTOS 20 %					14.17
UTILIDAD 0 %					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					85.00
<b>VALOR OFERTADO (SIN IVA)</b>					<b>85.00</b>

**Anexo 18. Certificación de traducción del resumen**



**UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL “NUESTRA SEÑORA  
DEL ROSARIO”**

**DIÓCESIS DE LOJA**

**“Verdad, Virtud y Ciencia”**

Loja, 13 de enero del 2023

Lic. David Andrés Castillo

**DOCENTE DE INGLÉS DE LA UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL “NUESTRA  
SEÑORA DEL ROSARIO”**

Apetición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **MARLON POLIVIO LAMAS TAMAYO**, con cédula de ciudadanía No. **1104129893**, cuyo tema de investigación se titula: **Diseño del Sistema de Iluminación para el Estadio de Fútbol de la Liga Deportiva Cantonal de Catamayo**, ha sido realizado por el Lic. David Castillo, docente de la Unidad Educativa Fiscomisional “Nuestra Señora del Rosario”. Esta es una traducción textual del documento adjunto, y el traductor es competente para realizar traducciones. Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente:

.....

Lic. David Castillo

**DOCENTE DE INGLÉS**