



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de la
Ciudad de Catacocha**

**Trabajo de Integración Curricular
previo, a la obtención del título de
Ingeniero en Electromecánico**

AUTOR:

David Joel Carrillo Sisalima

DIRECTOR:

Dr.C. Jorge Enrique Carrión Gonzáles, Ph.D.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 26 de febrero de 2024

Dr.C. Jorge Enrique Carrión Gonzáles, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de la Ciudad de Catacocha**, de autoría del estudiante **David Joel Carrillo Sisalima**, con cédula de identidad Nro. **1150606703**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación y sustentación para los tramites de titulación.

Dr.C. Jorge Enrique Carrión Gonzáles, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **David Joel Carrillo Sisalima** declaro ser autor/a del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**DAVID JOEL CARRILLO
SISALIMA**

Cédula de identidad: 1150606703

Fecha: 26 de febrero de 2024

Correo electrónico: david.carrillo@unl.edu.ec

Teléfono: 0967015976

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

Yo, **David Joel Carrillo Sisalima**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de la Ciudad de Catacocha**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Electromecánico**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio 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 las cuales tenga convenio la Universidad.

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiséis días del mes de febrero de dos mil veinticuatro.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
DAVID JOEL CARRILLO
SISALIMA

Autor/a: David Joel Carrillo Sisalima

Cédula: 1150606703

Dirección: Loja (Esteban Godoy-Sldo. Rafael Pullaguari y Cbo Alfredo Angulo)

Correo electrónico: david.carrillo@unl.edu.ec

Teléfono: 0967015976

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. C. Jorge Enrique Carrión Gonzáles, Ph.D.

Dedicatoria

Mi trabajo de Integración Curricular dedico a Dios, por haberme dado el valor, la sabiduría, fortaleza, paciencia, perseverancia intelectual y emocional para seguir adelante y culminar con éxito mi carrera profesional.

A mis padres por la vida obsequiada y de manera muy especial a mi madre y hermanos quienes fueron el pilar fundamental para lograr alcanzar este objetivo, supieron formar en mí, valores de responsabilidad, humildad, sencillez, carácter y sobre todo respeto, ellos son quienes me incentivaron a seguir adelante para concluir todas mis metas propuestas.

A mi padre, por su esfuerzo y el sustento económico brindado en el transcurso de mi carrera universitaria permitiéndome convertir en el profesional que soy.

Familia, amigos y personas especiales en mi vida a quienes con mucha gratitud llevo siempre en mi corazón. Agradecimientos sinceros por acompañarme en el transcurso de este largo camino y ayudarme en este importante paso de mi vida.

Es gracias a ustedes que es posible el presente trabajo, y a quienes dedico mi Trabajo de Integración Curricular.

De todo corazón...

David Joel Carrillo Sisalima

Agradecimiento

De manera incondicional expreso mis más sinceros agradecimientos a mi mamá Germania, a mis abuelitos Romelia y Francisco (mis segundos padres) por brindarme su apoyo absoluto y enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, al igual que lo hago con cada uno de mis hermanos Maura, Julio, Isabel, Jonás, Héctor y mi mejor compañía Estefania, por alentarme, ayudarme, motivarme a siempre dar lo mejor de mí y así poder superar mis propias expectativas. Un sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y a la “Carrera de Ingeniería Electromecánica” por darnos la oportunidad de educarnos en nuestra formación técnica y humana para ser grandes profesionales en el ámbito laboral.

A nuestros docentes quienes con su preparación nos supieron brindar su experiencia y conocimientos, los cuales nos permitieron culminar con éxito las metas trazadas.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. PhD. Jorge Enrique Carrión González, director del presente Trabajo de Integración Curricular, su discusión, ideas y comentarios en este proceso han sido absolutamente invaluable para mí.

Muchas gracias a mis compañeros de clases, a mis amigos incondicionales y a todas las personas que han puesto un granito de arena para la culminación de este proyecto.

David Joel Carrillo Sisalima

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
1 Título	1
2 Resumen	2
Abstract	3
3 Introducción	4
4 Marco Teórico	5
4.1 Capítulo I: Fotometría.....	5
4.1.1 Fotometrías para sistemas de iluminación	5
4.1.2 Magnitudes fotométricas estándar.....	5
4.1.3 Fotometría de luminarias para escenarios deportivos	6
4.1.4 Procedimiento para el dimensionamiento de sistemas de iluminación.....	7
4.2 Capítulo II: Comparación entre tecnologías por Halogenuros Metálicos (HM) y LED para iluminación deportiva.....	8
4.2.1 Halogenuros Metálicos (HM)	8
4.2.2 Diodo emisor de Luz (LED)	11
4.2.3 Características técnicas de luminarias utilizadas en iluminación deportiva	12
4.2.3.1 Eficiencia de la lámpara (fuente) frente a la eficiencia del dispositivo (sistema). 16	
4.2.3.2 Vida Útil de Halogenuros metálicos y LEDs	17
4.2.3.3 Tiempo de encendido	17
4.2.4 Estándares de iluminación de estadios de Fútbol.....	18
4.3 Capítulo III: Requisitos técnicos para estándares de iluminación según la FIFA.....	18
4.3.1 Dimensión del campo de Fútbol.	20

4.3.2 Disposición y altura de postes.....	20
4.3.3 Definición de alturas.	20
4.3.4 Clasificación del campo de juego según la Norma UNE-EN-12193	21
4.3.5 Clasificación de luminarias y requerimientos para iluminación de un campo de fútbol ..	23
4.3.6 Diseño de torres.....	24
5 Metodología.....	37
5.1 Materiales. 37	
5.2 Métodos. 37	
5.2.1 Área de estudio, descripción general del complejo deportivo	39
5.2.2 Procesamiento de luminarias utilizadas para iluminación del complejo deportivo	40
5.2.3 Arreglo de luces.	41
5.2.4 Métodos para el cálculo de luminarias.....	42
5.2.4.1 Método de punto por punto.	42
5.2.4.2 Método de lúmenes.	43
5.2.4.3 Obtención del factor de mantenimiento (Fm)	43
5.2.4.4 Obtención del número de proyectores.....	44
5.2.4.5 Obtención del coeficiente de utilización del haz (CBU) y distancia de proyección de luminarias	45
5.2.5 Altura de las torres para instalaciones deportivas	46
5.2.5.1 Selección del sistema de torres.....	47
5.2.6 Orientación y dirección de los proyectores.....	48
5.2.7 Modelado lumínico del estadio Municipal de Catacocha en DIALux evo® versión 4.13.	49
6 Resultados	50
6.1 Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha.....	50
6.1.1 Cálculos luminotécnicos por el método de lúmenes correspondientes a la luminaria de halogenuros metálicos Philips- MVF4031xMHN-SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS	51
6.1.1.1 Altura del montaje para el establecimiento deportivo.....	51
6.1.1.2 Distancia de proyección de las luminarias	51
6.1.1.3 Obtención del número de proyectores (NP)	51
6.1.1.4 Orientación y dirección de los proyectores para seis postes	52
6.1.1.5 Resumen del diseño de iluminación para la propuesta de halogenuros metálicos.	54
6.1.2 Cálculos luminotécnicos por el método de lúmenes correspondientes a la luminaria LED OLYMPIC THREELINE 1 000W	54

6.1.2.1	Resumen del diseño de iluminación para la propuesta LED.....	56
6.1.3	Resultados de la simulación del diseño de iluminación para la tecnología de halogenuros metálicos	56
6.1.4	Resultados de la simulación del diseño de iluminación para la tecnología LED.....	60
6.1.5	Selección del sistema de torres	64
6.1.5.1	Columna	65
6.1.5.2	Velocidad de viento.....	65
6.1.5.3	Acceso	67
6.1.5.4	Acabado.....	67
6.2	Análisis técnico económico del proyecto de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha	68
6.2.1	Análisis técnico	68
6.2.1.1	Comparación de características técnicas y fotométricas de las dos propuestas y tecnologías de iluminación.....	68
6.2.1.2	Dispersión fotométrica	70
6.2.1.3	Cálculo de la Vida útil de las 2 tecnologías aplicadas al proyecto.....	71
6.2.1.4	Factor de conservación.....	72
6.2.1.5	Consumo energético para las 2 clases de tecnologías aplicadas al proyecto por horas de funcionamiento.	74
6.2.2	Análisis económico	76
6.2.2.1	Costos monetarios de los sistemas evaluados	76
6.2.2.2	Costo del consumo eléctrico de las 2 tecnologías aplicadas al proyecto	76
6.2.2.3	Costo de mantenimiento y operación para las 2 tecnologías.....	77
6.2.2.4	Depreciación de las 2 tecnologías de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha.	78
7	Discusión	81
8	Conclusiones	83
9	Recomendaciones	84
10	Bibliografía	85
11	Anexos.	88

Índice de tablas:

Tabla 1. Conjunto estándar de magnitudes fotométricas	6
Tabla 2. Clasificación de los proyectores según la apertura del haz y distancia de proyección según NEMA.....	7
Tabla 3. Clasificación de los proyectores según la apertura del haz según IEC	8
Tabla 4. Datos técnicos de la luminaria de halogenuros metálicos.....	13
Tabla 5. Datos técnicos de la luminaria de LED.....	15
Tabla 6. Requisitos para iluminación horizontal, uniformidad, temperatura de color, factor de mantenimiento según requerimientos de la FIFA.	19
Tabla 7. Disposición de altura de postes según la Norma FIFA	20
Tabla 8. Categoría de competición según la Norma Europea UNE-EN-12193.....	22
Tabla 9. Modelos de jaulas para torres de iluminación deportiva.....	25
Tabla 10. Primer modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva.....	27
Tabla 11. Modelos de cruces tubulares para torres de iluminación con ajuste de accesorios. 28	
Tabla 12. Segundo modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva.....	30
Tabla 13. Modelos de cruces angulares para torres de iluminación con ajuste de accesorios 31	
Tabla 14. Tercer modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva	33
Tabla 15. Cuarto modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva.....	34
Tabla 16. Accesorios para el diseño de torre.....	35
Tabla 17. Comparación entre luminarias Halogenuros-LED para el diseño lumínico del estadio	40
Tabla 18. Factores de depreciación de luminarias (FDS)	44
Tabla 19. Valores típicos del coeficiente de utilización (CBU).....	46
Tabla 20. Coeficiente de entorno.	47
Tabla 21. Factor de Forma	48
Tabla 22. Datos del diseño para la tecnología de halogenuros metálicos	54
Tabla 23. Datos de diseño para la tecnología LED	56
Tabla 24. Datos, máximos, mínimos, medios y uniformidad para la propuesta de halogenuros metálicos.....	56
Tabla 25. Datos, máximos, mínimos, medios y uniformidad para la propuesta LED	60

Tabla 26. Valores de la velocidad de viento, satélite NASA POWER, ubicación ciudad de Catacocha	65
Tabla 27. Resultados por las cargas de viento sobre la torre de diseño	67
Tabla 28. Datos y características técnicas de halogenuros metálicos.	69
Tabla 29. Datos y características técnicas de luminaria LED.	69
Tabla 30. Comparación de vida útil entre las dos tecnologías del proyecto	71
Tabla 31. Factor de depreciación de la lámpara.....	72
Tabla 32. Factor de supervivencia de la lámpara	73
Tabla 33. Factor de depreciación de la luminaria.	73
Tabla 34. Costo de energía consumida diaria para luminarias LED y Halogenuros Metálicos.	74
Tabla 35. Costo total de la propuesta de halogenuros metálicos.....	76
Tabla 36. Costo total de la propuesta LED.	76
Tabla 37. Costo del consumo eléctrico para la propuesta de halogenuros metálicos	77
Tabla 38. Costo de mantenimiento y operación	77
Tabla 39. Valores económicos de la depreciación de la tecnología de halogenuros metálicos durante su vida útil	79
Tabla 40. Valores económicos de la depreciación de la tecnología LED durante su vida útil	80

Índice de figuras:

Figura 1. Que es fotometría.....	5
Figura 2. Fotometrías diferentes en representación de dos planos verticales principales en azul y rojo	7
Figura 3. Partes de una lámpara de halogenuros metálicos.	9
Figura 4. Esquema de aplicación para los equipos auxiliares en luminarias.	10
Figura 5. Esquema de cableado y equipos auxiliares para una lámpara de halogenuros metálicos.....	10
Figura 6. Partes y componentes de un LED.	11
Figura 7. Estructura de un regulador con control de intensidad para una luminaria LED.....	12
Figura 8. Luminaria TSP de halogenuros metálicos	13
Figura 9. Esquema de Fotometría, luminaria Lithonia Lighting TSP.....	14
Figura 10. Luminaria Beghelli SpA – POWER L 1 250 W EL C70 5K SD.	14

Figura 11. Esquema de Fotometría para la luminaria Beghelli SpA – POWER L 1250 W EL C70 5K SD	15
Figura 12. Bombilla y reflector de una iluminara de Halogenuros metálicos vs luminaria LED	17
Figura 13. Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales.	21
Figura 14. Sistema de iluminación LED, acorde a la categoría clase II dispuestos por la normativa FIFA y UNE-EN12193	23
Figura 15. Sistema de iluminación por Halogenuros Metálicos, acorde a la categoría y clase II dispuestos por la normativa FIFA y UNE-EN12193	24
Figura 16. Flujograma del proceso de desarrollo del proyecto	38
Figura 17. Zona de estudio, ubicada del estadio municipal de Paltas.....	39
Figura 18. Método de punto por punto.....	42
Figura 19. Distancia de proyección.....	45
Figura 20. Cálculo de las alturas y distancias mínimas en un campo de juego.	46
Figura 21. Disposición de los ángulos de apertura de Has luminoso.....	48
Figura 22. Levantamiento del complejo deportivo en DIALux evo® versión 4.13.....	49
Figura 23. Método propuesto para cálculo de ángulos y colocación de postes. Propuesta de halogenuros metálicos.	53
Figura 24. Isolíneas (Horizontal) para el campo de juego, propuesta de halogenuros metálicos.	57
Figura 25. Tabla de valores de luxes para el campo de juego propuesta Halogenuros metálicos.	58
Figura 26. Renderizado estadio municipal de Catacocha con la propuesta de tecnología Halogenuros metálicos.	59
Figura 27. Iluminación del estadio municipal de Catacocha con luminarias de halogenuros metálicos, colores falsos.....	59
Figura 28. Direccionamiento de la luz en modelado 2D para la propuesta de halogenuros metálicos.....	60
Figura 29. Isolíneas (Horizontal) para el campo de juego, propuesta LED.....	61
Figura 30. Tabla de valores de luxes para el campo de juego propuesta LED.	62
Figura 31. Renderizado estadio municipal de Catacocha con la propuesta de tecnología LED.	63

Figura 32. Iluminación del estadio municipal de Catacocha con luminarias LED, colores falsos.	63
Figura 33. Direccionamiento de la luz en modelado 2D para la propuesta LED.....	64
Figura 34. Perfiles de velocidades de viento según su emplazamiento	66
Figura 35. Esquema Fotométrico, luminaria de Halogenuros metálicos.	70
Figura 36. Esquema Fotométrico, luminaria LED	71
Figura 37. Depreciación de la Tecnología LED.....	74
Figura 38. Consumo energético diario (kW/h) para el sistema de iluminación del estadio de Catacocha, tecnologías LED y Halogenuros Metálicos.	75
Figura 39. Costo energético diario (kW/h) (USD) para iluminación del estadio de Catacocha con tecnología LED y Halogenuros Metálicos.	75

Índice de anexos

Anexo 1. Ficha de producto, THREELINE OLYMPIC OLP1000W	88
Anexo 2. Ficha de producto, Philips - MVF403 1xMHN-SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS.....	89
Anexo 3. Diseño de torre, escogido y diseñado para iluminación deportiva.....	90
Anexo 4. Petición al GAD Cantonal para datos topográficos y medidas reales del estadio Municipal de Catacocha.	91
Anexo 5. Cálculos económicos para las propuestas de iluminación del estadio Municipal de Catacocha	92
Anexo 6. Certificado traducción abstract.....	94
Anexo 7. Informe del diseño del sistema de iluminación con Halogenuros Metálicos en DIAlux.	95
Anexo 8. Informe del diseño del sistema de iluminación LED en DIAlux.	120

1 Título

Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de la Ciudad de Catacocha.

2 Resumen

El presente trabajo de titulación evalúa dos tipos de tecnologías para iluminación de la cancha de fútbol del estadio municipal de Catacocha, con el fin de determinar los niveles óptimos y adecuados de iluminación, uniformidad, altura de montaje, posicionamiento de torres, vida útil de luminarias y valores económicos del sistema. Se analizan dos propuestas de iluminación (LED y Halogenuros metálicos) con un sistema lateral de 6 torres, con 48 luminarias para la propuesta LED y 54 luminarias para la propuesta de Halogenuros metálicos. Por la alta luminosidad que ofrece la tecnología LED, ahorro energético, fotometría, vida útil, consumo de energía, mantenimiento, depreciación y alto rendimiento, se convierte en la mejor opción para la iluminación del complejo deportivo. En el software DIALux evo® versión 4.13 se simula la propuesta de iluminación, se determina que el proyecto cumple con los requisitos de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA), obteniendo una Iluminancia media horizontal $E_m = 500\text{lux}$; una Iluminancia horizontal mínima $E_{min} = 348\text{lux}$; una Iluminancia horizontal máxima $E_{max} = 1230\text{lux}$; una uniformidad de $E_{min}/E_m = 0.7$ y un deslumbramiento ≤ 50 , además, la propuesta LED resulta más conveniente debido a que requiere una menor inversión económica con un valor de 101 928.22 USD para el costo de materiales e instalación, 7 499,52 USD para el costo de energía anual, 12 496,75 USD en gastos de mantenimiento y 606,39 USD en depreciación por equipo, equivalente al 12% por cada año de funcionamiento.

Palabras clave: Halogenuros Metálicos, LED, diseño de iluminación.

Abstract

The present work evaluates two types of technologies for lighting the soccer field of the municipal stadium of Catacocha, in order to determine the optimal and adequate levels of illumination, uniformity, mounting height, positioning of towers, useful life of luminaires and economic values of the system. Two lighting proposals are analyzed (LED and Metal Halide) with a lateral system of 6 towers, with 48 luminaires for the LED proposal and 54 luminaires for the Metal Halide proposal. Due to the high luminosity offered by LED technology, energy savings, photometry, useful life, energy consumption, maintenance, depreciation and high performance, it becomes the best option for the lighting of the sports complex. In the DIALux evo® software version 4.13 the lighting proposal is simulated, it is determined that the project meets the requirements of the International Federation of Association Football (FIFA), obtaining an average horizontal illuminance $E_m = 500\text{lux}$; a minimum horizontal illuminance $E_{min} = 348\text{lux}$; a maximum horizontal illuminance $E_{max} = 1230\text{lux}$; a uniformity of $E_{min}/E_m = 0.7$ and a glare ≤ 50 , in addition, the LED proposal is more convenient because it requires a lower economic investment with a value of 101 928.22 USD for the cost of materials and installation, 7 499.52 USD for the annual energy cost, 12 496.75 USD in maintenance expenses and 606.39 USD in depreciation per equipment, equivalent to 12% for each year of operation.

Keywords: Metal Halides, LED, lighting design.

3 Introducción

La iluminación deportiva es de gran importancia dentro de una sociedad ya que, permite la accesibilidad a dichos escenarios en horarios nocturnos. Estas instalaciones deben cumplir con normativas técnicas, necesarias para dar al espectador y jugadores el mayor confort visual posible, teniendo en cuenta el diseño, se puede obtener una mejor apreciación de colores, calidad de luz, confort, evadir sistemas de deslumbramiento y una correcta distribución de luz dentro de cualquier zona del complejo deportivo.

Las tecnologías para iluminación de escenarios deportivos en la actualidad están enmarcadas en el ahorro energético, menor mantenimiento y menor índice de contaminación. Una de estas tecnologías es el tipo LED, la cual está inmersa y posesionada dentro del mercado mundial como la mejor opción en cuanto a iluminación, costo, eficiencia, ahorro energético, vida útil y contaminación.

La tecnología LED tiene una vida útil de duración que oscila entre las 50 000 y 100 000 horas de funcionamiento, en comparación a la tecnología de Halogenuros metálicos (HM) la cual oscila entre las 10 000 y 15 000 horas aproximadamente, tecnologías aplicadas para iluminación de escenarios deportivos.

El presente trabajo expone un diseño de iluminación para el escenario deportivo de la ciudad de Catacocha con estas dos tecnologías, se utiliza herramientas computacionales (softwares) y plataformas digitales que permitirán calcular los parámetros técnicos necesarios para establecer un nivel óptimo de uniformidad de luz, una adecuada iluminación horizontal, un buen manejo de iluminación considerando las recomendaciones expuestas en la norma de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).

Además, se presenta un análisis técnico económico que permite identificar el costo que representa implementar el sistema de iluminación.

Objetivo general

Diseñar el sistema de iluminación para el estadio Municipal de la Ciudad de Catacocha utilizando el software DIALux evo®.

Objetivo específico

- Analizar Tecnologías de iluminación para escenarios deportivos.
- Diseñar el sistema de iluminación para el estadio Municipal de la ciudad de Catacocha.
- Análisis técnico y económico por la implementación del proyecto.

4 Marco Teórico

4.1 Capítulo I: Fotometría.

4.1.1 Fotometrías para sistemas de iluminación

La fotometría es la medición de la radiación de una manera que caracteriza su eficacia para estimular el sistema visual humano normal, Melendez (2002) hace mención en la **Figura 1** que:

Que la Fotometría es la parte de la óptica que se ocupa del estudio de las características de los focos luminosos, así como de las iluminaciones que producen. Todos los focos luminosos emiten energía, y en la mayor parte de los casos lo son a causa de su elevada temperatura, gracias a la cual tiene lugar en ellos una emisión térmica de energía cuya longitud de onda corresponde precisamente a la zona visible del espectro.

What is Photometry?

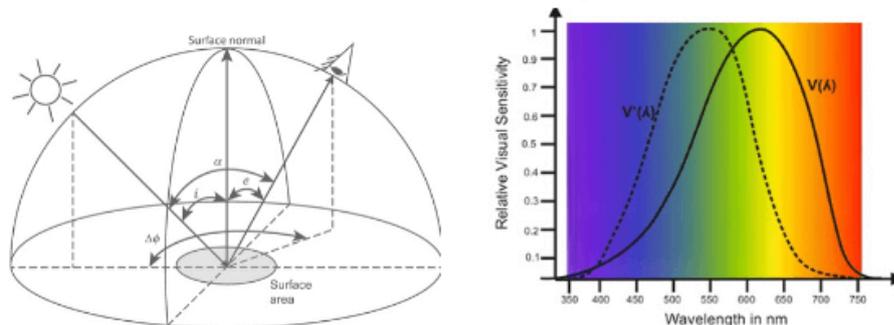


Figura 1. Que es fotometría

N. Fuente: <https://www.electrical4u.com/photometry/>

4.1.2 Magnitudes fotométricas estándar

Históricamente se han utilizado numerosas definiciones de magnitudes fotométricas en diferentes sistemas de unidades (sistemas SI, CGS e inglés), originando un complejo conjunto de conceptos que suele causar confusiones.

En la **Tabla 1** se presenta la descripción de las magnitudes fotométricas.

Tabla 1. Conjunto estándar de magnitudes fotométricas

Definición	Símbolo	Unidades SI y MKS	Unidades CGS	Unidades S. Inglés
Energía Luminosa	Q_v	Talbot (T)	Talbot (T)	Talbot (T)
Flujo Luminoso	Φ_v	Lumen (lm)	Lumen (lm)	Lumen (lm)
Intensidad Luminosa	I_v	Candela (cd) lumen/sr	Candela (cd) lumen/sr	Candela (cd) lumen/sr
Exitancia Luminosa (desde una fuente) También: emitancia luminosa	M_v	Lux (lx) = lumen/m ²	Phot (ph) lumen/c m ²	Footcandle (fc) lumen/ft ²
Incidencia Luminosa (sobre un objetivo) También: iluminancia	E_v	Lux (lx) = lumen/m ²	Phot (ph) lumen/c m ²	Footcandle (fc) lumen/ft ²
Esterancia luminosa También: brillo, luminancia	L_v	Nit = lumen/(m ² · sr) = cd/m ²	Stilb (sb) cd/cm ²	Candela/ft ²

N. Fuente:(Gómez, 2006)

Según Gómez (2006) las siguientes expresiones según el sistema Internacional (SI) se expresan como:

- **“emitancia de luminancia”** (luminance emittance) e **iluminancia** pueden usarse como alternativas a **“exitancia luminosa”** e **“incidencia luminosa”** (luminous incidence).
- **“brillo”** y **“luminancia”** pueden usarse en vez de **“esterancia luminosa”** (luminous sterance). Esta magnitud se define también como intensidad normalizada (normalized intensity, nit).

4.1.3 Fotometría de luminarias para escenarios deportivos

Según Celer SA. (2019) “En la actualidad la miniaturización de las fuentes de luz LED ha permitido incorporar multitud de sistemas ópticos a estas (lentes, reflectores, difusores, refractores, colimadores, etc.) de manera que las fotometrías obtenibles son prácticamente ilimitadas”

A la hora de calcular es preciso hacer una preselección de las más adecuadas en cada caso. Las representaciones tridimensionales de los sólidos fotométricos son poco prácticas y se prefiere hacer uso de diagramas de representación fotométrica como lo indica la **Figura 2**. De todos los existentes, los de curvas polares son los más utilizados. Estos representan la intensidad luminosa de la luminaria en dos planos verticales C: uno orientado a lo largo del eje longitudinal de la luminaria (C90-C270) y otro por el eje transversal (C0-C180).

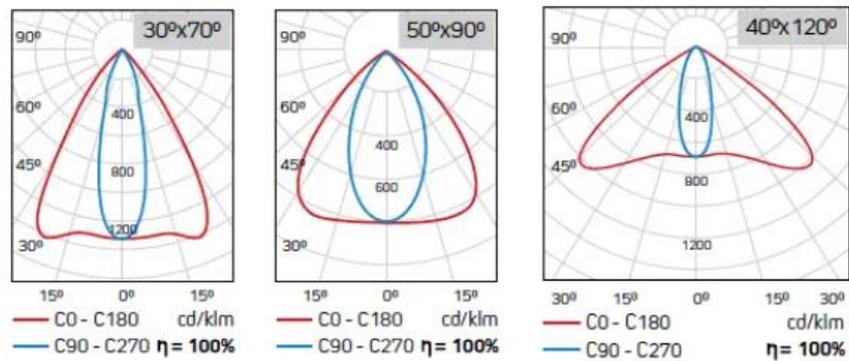


Figura 2. Fotometrías diferentes en representación de dos planos verticales principales en azul y rojo

N. Fuente: <https://www.celerlight.com/la-fotometria-la-herramienta-indispensable-para-el-estudio-de-una-iluminacion-profesional/>

4.1.4 Procedimiento para el dimensionamiento de sistemas de iluminación

La clasificación de las luminarias según la apertura de su haz de luz, según Revilla (2021), es reglamentada por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) o CIE (Comisión Internacional de Iluminación) también conocida como IEC; en la **Tabla 2** y **Tabla 3**, se expone la distancia de proyección del haz de luz en base al ángulo de apertura”

Tabla 2. Clasificación de los proyectores según la apertura del haz y distancia de proyección según NEMA.

Clase NEMA	Apertura del haz (10% del I_{max})	Distancia de proyección (m)	Descripción
1	10° a 18°	$\geq 73,2$	
2	18° a 29°	61 a 73,2	Haz estrecho
3	29° a 46°	53,4 a 61	
4	46° a 70°	44,2 a 53,4	
5	70° a 100°	32 a 44,2	Haz medio
6	100° a 130°	24,4 a 32	
7	>130°	$\leq 24,4$	Haz ancho

N. Fuente: (Revilla, 2021)

Tabla 3. Clasificación de los proyectores según la apertura del haz según IEC

Apertura del haz luminoso (50%) del I_{max}	Descripción del haz luminoso
$<20^\circ$	Cerrado
20° a 40°	Medio
$>40^\circ$	Abierto

N. Fuente: (Revilla, 2021)

4.2 Capítulo II: Comparación entre tecnologías por Halogenuros Metálicos (HM) y LED para iluminación deportiva

El fútbol es un deporte muy popular en todo el mundo, y su popularidad crece cada año más. Dado que las ligas de fútbol a menudo juegan en horarios nocturnos, es necesario que los escenarios deportivos requieran de un sistema de iluminación adecuado e instalado. La creación de un entorno visual adecuado es un requisito fundamental en el diseño deportivo, y la integración efectiva del sistema de iluminación artificial debe considerarse como parte estándar de una instalación deportiva moderna.

Durante años, los estadios deportivos han utilizado luces de halogenuros metálicos para iluminar las superficies de juego. Pero ahora, están recurriendo a las luces LED, que pueden ofrecer el mismo o más flujo luminoso con un mejor rendimiento o eficacia luminosa, lo que resulta en un menor consumo de energía y, por lo tanto, reduce los costos operativos. (Polycarpou et al., 2016, p. 2)

Las características de las luces LED y de halogenuros metálicos se describen en la siguiente sección del documento.

4.2.1 Halogenuros Metálicos (HM)

Polycarpou et al., (2016) menciona que una lámpara de halogenuros metálicos es una lámpara eléctrica que produce luz mediante un arco eléctrico a través de una mezcla gaseosa de mercurio vaporizado y haluros metálicos (compuestos de metales con bromo o yodo). Es un tipo de lámpara de descarga de gas de alta intensidad (HID).

Las lámparas de halogenuros metálicos tienen una alta eficiencia luminosa de alrededor de 75 a 100 lúmenes por vatio, que es aproximadamente el doble que las luces de vapor de mercurio y de 3 a 5 veces más que las luces incandescentes y producen una luz blanca intensa, en la **Figura 3** se exponen características de este tipo de luminarias.

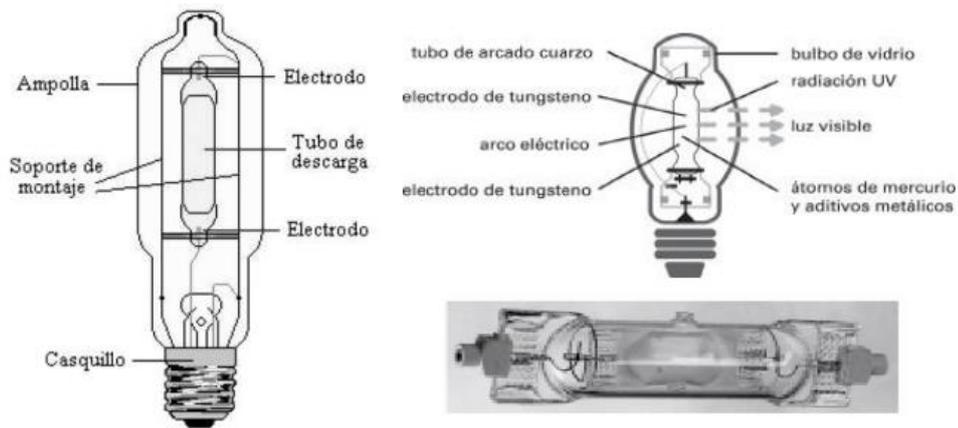


Figura 3. Partes de una lámpara de halogenuros metálicos.

N. Fuente: (Vahid Haddadi, 2012)

Como una de las fuentes más eficientes de luz blanca con alto índice de reproducción cromática (CRI), se utiliza en aplicaciones de iluminación aérea de área amplia para espacios comerciales, industriales y públicos, como estacionamientos, estadios deportivos, fábricas y tiendas minoristas. Las ventajas del haluro metálico incluyen una buena frecuencia de luz para uso en agricultura, eficiencia energética razonable, buena salida de iluminación, idoneidad para aplicaciones en interiores y exteriores.

Las desventajas del haluro metálico incluyen el alto costo, el aumento de la contaminación lumínica y el largo tiempo de ignición.

Equipos auxiliares

Assaf (2006) menciona en términos generales que puede definirse como equipo auxiliar, a aquel dispositivo asociado eléctricamente a una lámpara para posibilitar cualquiera de las siguientes funciones.

- Proveer medios de encendido y/o reencendido
- Permitir la estabilización en los valores nominales de funcionamiento de lámpara.
- Ejercer el control de la lámpara, sea para encenderla, apagarla o atenuar su flujo luminoso.
- Monitoreo de los parámetros de funcionamiento de la lámpara, para programar el mantenimiento” ver **Figura 4.**

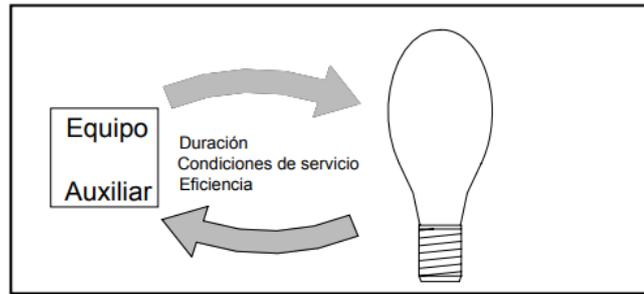


Figura 4. Esquema de aplicación para los equipos auxiliares en luminarias.

N. Fuente:(Assaf, 2006)

Las funciones convencionales de los equipos auxiliares se originan en el hecho de que las lámparas de descarga no son capaces de arrancar ni de controlar por sí sola la corriente de circulación, debido a que representan una impedancia variable con la corriente. El equipo auxiliar tiene la finalidad de proveer medios de arranque, fijando la corriente del tubo de descarga a los parámetros establecidos de funcionamiento, siendo un dispositivo indispensable de las lámparas.

Para el arranque de las lámparas de halogenuros metálicos como lo indica la **Figura 5** es necesaria una tensión de arranque muy elevada debido a los halogenuros. Por este motivo, se debe conectar un arrancador, que tiene como elemento fundamental un tiristor, responsable de suministrar un pico de tensión, además es necesario un balasto en serie con el tubo de descarga para estabilizar la descarga y un condensador para compensar el factor de potencia.

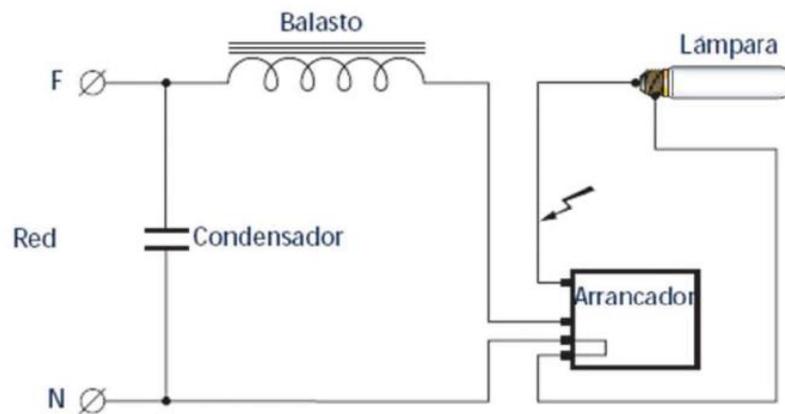


Figura 5. Esquema de cableado y equipos auxiliares para una lámpara de halogenuros metálicos.

N. Fuente:(Balaguer, n.d.)

4.2.2 Diodo emisor de Luz (LED)

El LED es una fuente de luz semiconductor, cubre una amplia gama de aplicaciones ya que combina un alto rendimiento en flujo e intensidad con un bajo consumo de energía.

En la **Figura 6** se exponen las características principales de los sistemas de iluminación LED en cuanto a su larga vida útil, eficiencia energética, no toxicidad, durabilidad y flexibilidad.

Las lámparas LED con luz blanca se utilizan para alumbrado general y de propósito específico, alumbrado público, alumbrado aeronáutico, alumbrado automotriz, publicidad, alumbrado general, alumbrado deportivo y semáforos.

Las ventajas de los reflectores LED son: baja temperatura de funcionamiento, larga vida útil, capacidad de variación de color, tamaño pequeño, tiempo de respuesta rápido y una fuente de iluminación más eficiente que el HPS (sodio de alta presión) y halogenuros metálicos. La desventaja para la aplicación es el alto costo y la capacidad de salida de lúmenes de los reflectores LED no es tan buena como la HM. (Polycarpou et al., 2016, p. 4)

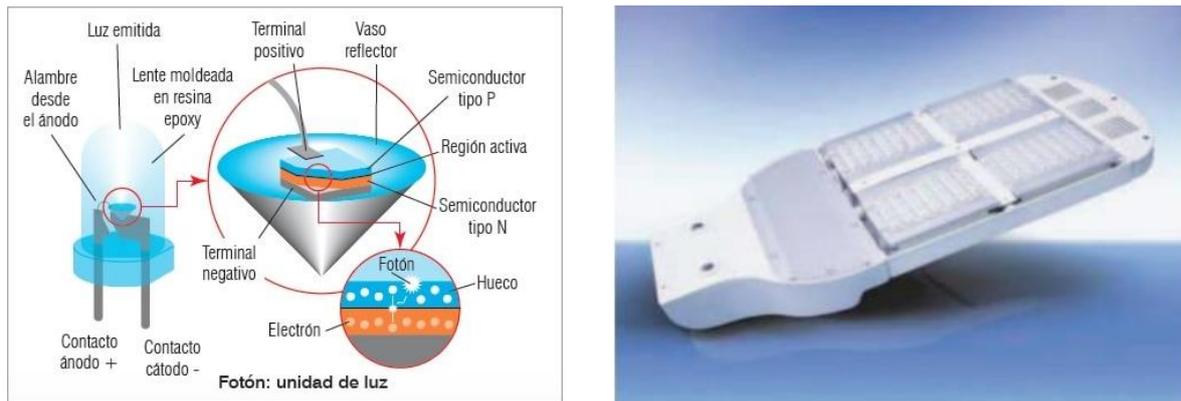


Figura 6. Partes y componentes de un LED.

N. Fuente: (Pérez Quispe, 2016)

Dado que los LEDs son cargas de corriente continua (CC), requieren algún tipo de equipo de conversión para hacer funcionar los sistemas de iluminación LED desde fuentes de alimentación de corriente alterna (CA). Este equipo se denomina controlador y se diseña para rectificar el voltaje común del sistema de CA, 120 voltios y 60 Hz a valores de voltaje y corriente CC adecuados que requieren los LED para funcionar.

En la **Figura 7** se expone que el controlador utiliza componentes semiconductores especiales, como un puente rectificador, para convertir la onda sinusoidal de CA en una forma de onda de CC pulsante, que luego se filtra y se convierte en el voltaje de CC uniforme-estable que el LED necesita e implementa para poder ser apreciado ante la vista humana. Un controlador también actúa como un dispositivo de protección para limitar la cantidad de

voltaje y corriente a la que están sujetos los LEDs, así como el controlador puede proporcionar funciones de atenuación o facilitar un cambio de color en los LED, Assaf (2006).

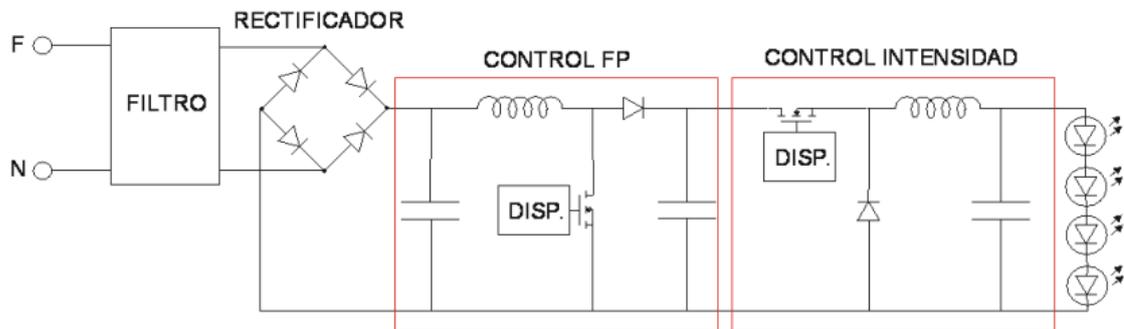


Figura 7. Estructura de un regulador con control de intensidad para una luminaria LED.

N. Fuente: (Balaguer, n.d.)

4.2.3 Características técnicas de luminarias utilizadas en iluminación deportiva

En la actualidad al momento de elegir el sistema de iluminación necesario para un complejo deportivo, es necesario considerar las características físicas de este y las condiciones del juego que se llevará a cabo. Para que las luminarias seleccionadas contribuirán al correcto desarrollo de la actividad.

Si bien los sistemas tradicionales como lo son las lámparas convencionales de descarga de alta presión (HDI) ofrecen un alto flujo de luminosidad o una salida de luz de alta calidad, se ven atenuados por su mantenimiento, infraestructura y por su alto costo económico, además que su comportamiento frente a una interrupción inesperada de corriente las hace retrasar su uso en un tiempo prolongado, es decir necesitan de un tiempo para poder enfriarse y poder ser encendidas. Las fuentes LED eliminan estos problemas e interferencias de uso, ya que en la actualidad el cambio o migración a estas nuevas tecnologías hace que la iluminación tanto para interiores como exteriores, resulte más agradable en términos de ahorro de energía, economía, sistema ambiental, confort, visualización, eficiencia, etc.

Dentro de este apartado se presentan las características técnicas de estas 2 tecnologías aplicadas y usadas en escenarios deportivos. Estas características serán abordadas dentro de la metodología para la comparación técnica dentro de la simulación computarizada (DIALux evo®), para determinar la mejor eficiencia en cuanto a iluminación de escenarios deportivos.

Halogenuros metálicos

El proyector TSP Tru-Sport Arquitectónico de iluminación deportiva HID, está diseñado para estadios de deportes descubiertos, aumenta en forma significativa el impacto teatral y emocional de los deportes para el público, al tiempo que permite a los jugadores desempeñarse en condiciones visuales óptimas. En la **Figura 8 y Tabla 4** se exponen las características de la luminaria Lithonia Lighting® TSP, esta ofrece una eficacia y características propias del sistema de halogenuros metálicos, El proyector cuenta con una gama de potencias, además de un factor de seguridad IP65.



Figura 8. Luminaria TSP de halogenuros metálicos

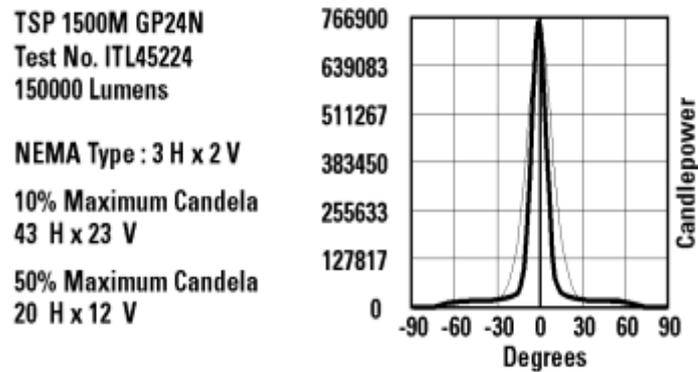
N. Fuente: (Notes & Use, n.d.)

Tabla 4. Datos técnicos de la luminaria de halogenuros metálicos

DESCRIPCIÓN	Luminaria TSP METAL HALIDE: 400 W, 1 000 W, 1 500 W
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tipo de luminaria	halogenuro metálico
temperatura de color (K)	5 600
Factor de potencia	0,9
Voltaje de alimentación (V)	110/230
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia nominal de la luminaria (W)	1 500
Flujo útil total de lámpara (lm)	98 500
Flujo útil de luminaria (lm)	96 000
Eficacia luminosa (lm/W)	110
Vida útil (h)	10 000
Marca	Lithonia Lighting
Modelo	TSP
Reproducción de color (CRI)	65 %

N. Fuente: (Notes & Use, n.d.)

Los valores técnicos, fotométricos y esquemáticos que presenta la luminaria Lithonia Lighting pueden apreciarse en la **Figura 9**.



*Figura 9. Esquema de Fotometría, luminaria Lithonia Lighting TSP.
N. Fuente: (Notes & Use, n.d.)*

LED

A continuación, se describe las características del proyector Beghelli SpA - POWER L 1 000 W EL C70 5K SD con potencia para iluminar grandes superficies como tramos viales, campos deportivos, polígonos industriales, aparcamientos. Modulares de 1 a 5 módulos con potencias desde 250 W hasta 1 500W, en la **Figura 10** y **Tabla 5**, se exponen las características constructivas del equipo, donde cada módulo está equipado con una caja para acomodar el controlador y disipar la temperatura de funcionamiento. Cada módulo individual se puede orientar individualmente desde $\pm 15^\circ$ por los ajustes goniométricos laterales. Toda la estructura es ajustable en $\pm 90^\circ$. Tecnología LED, dotados de Smart Drive (posibilidad de integrar funciones de programación, regulación y monitorización del consumo) y alimentador electrónico de bajo consumo.



*Figura 10. Luminaria Beghelli SpA – POWER L 1 250 W EL C70 5K SD.
N. Fuente : (Electricity & In, 2007)*

Tabla 5. Datos técnicos de la luminaria de LED.

DESCRIPCIÓN	Luminaria POWER L 1 250 W EL C70 5K SD
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tipo de luminaria	LED
temperatura de color (K)	5 000
Factor de potencia	0,95
Voltaje de alimentación (V)	230/431
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia nominal de la luminaria (W)	1 250
Flujo útil de luminaria (lm)	162 499
Eficacia luminosa (lm/W)	130
Vida útil (h)	110 000
Marca	BEGHELLI
Modelo	L 1 250 W EL C70 5K SD
Reproducción de color (CRI)	70 %

N. Fuente: (Electricity & In, 2007)

En el esquema fotométrico que se presenta la **Figura 11**, se puede apreciar la disipación de lúmenes por área iluminada, teniendo en cuenta los factores de longitud y ángulo de incidencia.

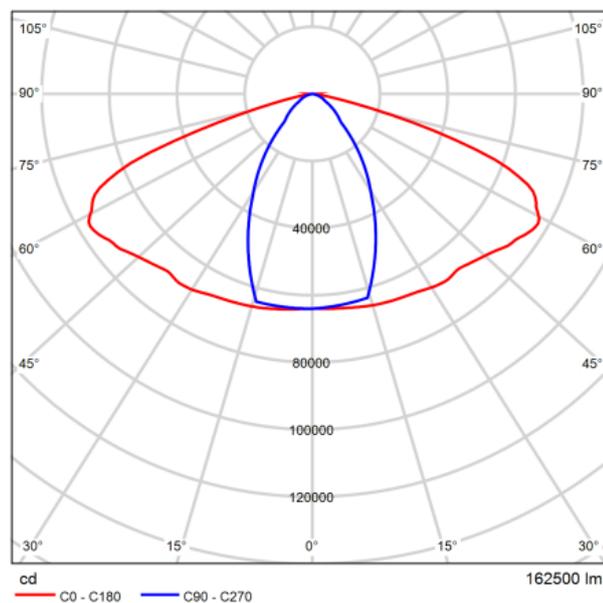


Figura 11. Esquema de Fotometría para la luminaria Beghelli SpA – POWER L 1250 W EL C70 5K SD

N. Fuente: (Nombre et al., 2014)

4.2.3.1 Eficiencia de la lámpara (fuente) frente a la eficiencia del dispositivo (sistema)

Halogenuros Metálicos

Las bombillas de halogenuros metálicos nuevas tienen las siguientes especificaciones:

- Temperatura de color: 4 000 K
- Lúmenes iniciales: 32 000 a 36 000
- Horas de vida: 20 000

Fireflir (2021) menciona que: los lúmenes iniciales son un número muy alto, pero en realidad, una bombilla de halogenuros metálicos comienza muy brillante y luego sus lúmenes disminuyen con rapidez. Pueden perder hasta un 20 % solo en los primeros 6 meses. La depreciación del lumen en una bombilla de haluro metálico es relativamente rápida.

Una bombilla de halogenuros metálicos es omnidireccional, significa que la luz se distribuye en todas direcciones. Por lo tanto, produce tanta luz horizontalmente paralela al suelo como hacia abajo. Además, para que esta luz sea útil, en el diseño de luminarias, se debe agregar un reflector que reúna, recolecte y entregue la luz reflejada donde la desee. (Ver **Figura 12**). El principal problema con la luz reflejada es qué tan efectivo es el reflector, ya que un lumen que rebota y regresa al dispositivo se considera un lumen perdido. Se puede decir que se pierde hasta un 30 % o más de la luz en este rebote reflectante

LEDs

En las luminarias LED de alto rendimiento que reemplazan las piezas de halogenuros metálicos, toda la luz es direccional, es decir, se dirige hacia donde se necesita. No se requieren reflectores. En términos de depreciación lumínica; dentro de los dispositivos LED, tarda mucho más en ocurrir debido a las características que presentan, a comparación de los dispositivos de halogenuros metálicos.



Figura 12. Bombilla y reflector de una iluminara de Halogenuros metálicos vs luminaria LED

N. Fuente: <http://iluminica.com/luminarias-led-mejor-que-las-luminarias-hpi-t/>

4.2.3.2 Vida Útil de Halogenuros metálicos y LEDs

Como se mencionó, la vida útil de una bombilla de halogenuros metálicos típica puede ser de unas 20 000 horas. Las bombillas más grandes, como las de un haluro metálico de 1 000 vatios, duran alrededor de 15 000 horas. En términos de LED, los proveedores describen la vida útil del producto de diferentes formas. Una forma es mencionar L70. Donde L70 no es una medida del final de la vida útil, pero es una medida de la degradación del lumen hasta el 70% de los lúmenes iniciales. Esto no significa que el controlador, lastre o algún otro componente pueda fallar prematuramente. (Fireflir, 2021, p. 5)

Se tiene identificado que la vida útil de una bombilla de halogenuros metálicos es de entre 15 000 y 20 000 horas, además en la vida media, ya ha perdido el 50% de sus lúmenes iniciales. Entonces, aunque no está agotado, es altamente ineficaz. Para el registro, todavía consume más de 400 vatios a pesar de que es la mitad de brillante.

Comparado con la tecnología LED, presenta una capacidad nominal de 100 000 horas para un (L70). Entonces, para cuando el cabezal del LED alcance las 100 000 horas, habrá realizado 5 reemplazos de bombillas de haluro metálico lo que implica un ahorro sustancial en cuanto a mantenimiento y eficiencia de iluminación.

4.2.3.3 Tiempo de encendido

Halogenuros metálicos

En una lámpara de halogenuros metálicos el encendido es más complicado que para las lámparas de mercurio de alta presión, debido a la actividad química del relleno de la lámpara por lo que no pueden emplearse materiales emisores normales. La mayoría de estas lámparas tiene una tensión de encendido entre 4 y 5 kV.

Después del encendido de la lámpara, el mercurio y los restantes compuestos del tubo de descarga se evaporan, disocian y generan luz como consecuencia del paso de la corriente. Este proceso tarda algunos minutos, durante este tiempo la apariencia de color cambia hasta que al final del periodo de encendido se alcanza el color definitivo. Si la lámpara se apaga, pasará aproximadamente 10 a 20 minutos antes de que la presión dentro de la lámpara descienda lo suficiente para poder volver a arrancar. (Donell et al., 2002, p. 61)

LEDs

Generalmente se alimentan a 24 V de corriente continua, adaptándose perfectamente a la mayoría de las fuentes de alimentación de los equipos y reduciendo al mínimo los posibles riesgos de electrocución. El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno y el fluorescente, del orden de algunos microsegundos, lo cual lo convierte en ideal para funcionar con un estrobo (sistemas estroboscópicos), aumentando así las prestaciones de este último.

4.2.4 Estándares de iluminación de estadios de Fútbol.

4.3 Capítulo III: Requisitos técnicos para estándares de iluminación según la FIFA.

La iluminación de los estadios de fútbol debe satisfacer las necesidades de los medios audiovisuales, espectadores, futbolistas profesionales y oficiales. Sus requisitos de iluminación dependen de si el recinto se utiliza para competición o entrenamiento, si la competición es nacional o internacional, si es televisada, etc.

Existen diferentes parámetros, los principales tipos de iluminación para campos de fútbol y las características que deben cumplir se describen a continuación:

- FIFA: Eventos televisados ($E_m \geq 1\ 500\text{--}2\ 000\text{ lx}$ / Uniformidad $\geq 0,7$). CRI80, TCC 5 000-6 200K.
- Grado 1: Entrenamientos de copas del mundo o pequeñas competiciones ($E_m \geq 750\text{ lx}$ / Uniformidad $\geq 0,6$). CRI80, CCT 5 000-6 200K, Partidos no televisados.
- Grado 2: Práctica de partidos ($E_m \geq 500\text{ lx}$ / Uniformidad $\geq 0,6$). CRI70, TCC 5 000-6 200K.
- Grado 3: Uso de entrenamiento estándar ($E_m \geq 300\text{ lx}$ / Uniformidad $\geq 0,6$). CRI70, TCC 4 200-6 200K

La **Tabla 6** enumera los requisitos para iluminación horizontal (E), uniformidad (U), factor de parpadeo (FF), cuadrícula de referencia, temperatura de color (Tc), reproducción cromática (Ra), índice de deslumbramiento (RG), factor de mantenimiento (MF), etc.

Tabla 6. Requisitos para iluminación horizontal, uniformidad, temperatura de color, factor de mantenimiento según requerimientos de la FIFA.

Requisitos de iluminancia	Norma A de iluminación de la FIFA	Estándar B de iluminación de la FIFA	Norma de iluminación C de la FIFA	Norma de iluminación D de la FIFA	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Competición o entrenamiento	Copa Mundial	Copa del mundo de clubes o sub-20, olímpica	copa mundial femenina sub-20	copa del mundo sub-17	Entrenamiento de la Copa Mundial de la FIFA	práctica de partido	Entrenamiento estándar
Eh ave	Mínimo > 1 500 lux	Mínimo > 1 200 lux	Mínimo > 800 lux				
(iluminación horizontal media)	Promedio > 2 000 lux	Promedio > 2 000 lux	Promedio > 1 250 lux	Promedio > 1 000 lux	Promedio > 750 lux	Promedio > 500 lux	Promedio > 300 lux
Uniformidad U1h	> 0,50	> 0,50	> 0,50	> 0,40	> 0,40	> 0,40	> 0,40
Uniformidad U2h	> 0,70	> 0,70	> 0,70	> 0,60	> 0,60	> 0,60	> 0,60
Factor de parpadeo (FF)	Promedio < 1% Máximo < 1%	Promedio < 12% Máximo < 15%	Promedio < 20% Máximo < 30%	no aplica	<1%	no aplica	no aplica
Cuadrícula de referencia	96 puntos	96 puntos	96 puntos	96 puntos	96 puntos	40 puntos	40 puntos
Temperatura de color (Tc)	5 000–6 200K	5 000–6 200K	4 200–6 200K	4 200–6 200K	5 000–6 200K	5 000–6 200K	4 200–6 200K
Reproducción de color (Ra)	≥ 80Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra	≥ 80Ra	≥ 70Ra	≥ 70Ra
Índice de deslumbramiento (RG)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Factor de mantenimiento (MF)	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID	0.9 LED o 0.8 HID

N. Fuente: (Filochowski, 2020)

4.3.1 Dimensión del campo de Fútbol.

De forma general un campo de fútbol tiene 105 metros de largo y 68 metros de ancho. Sin embargo, las dimensiones pueden ser ligeramente diferentes para diferentes aplicaciones. Y su longitud va desde los 90 metros hasta los 120 metros, mientras que su ancho puede ser de 45 metros hasta los 90 metros.

4.3.2 Disposición y altura de postes

Para garantizar una buena eficiencia de iluminación y limitar el impacto de la contaminación lumínica en el entorno local, la FIFA recomienda que solo las luminarias que estén diseñadas adecuadamente para ofrecer un coeficiente de iluminación sean empleadas en el campo de juego acorde a la clasificación y grado del complejo deportivo. Se especificará una utilización (CU) superior al 85 % del flujo luminoso en la superficie del terreno de juego.

Normalmente, los postes utilizados o los que se requieren para campos de fútbol son de grado 1, 2 y 3. En la **Tabla 7** se expone la cantidad sugerida de postes, la cantidad de luminarias, la altura de los postes y la salida total de lúmenes de las lámparas para diferentes pasos de grado. Sin embargo, esta entrada final se puede cambiar ligeramente de acuerdo con la iluminación.

Tabla 7. Disposición de altura de postes según la Norma FIFA

Estándar de entrenamiento de la FIFA	Número de polos	Luminarias por poste	Altura del poste	Lúmenes totales del sistema	Eh media (Lux)
Grado 1	6	6x10	22-25m	11 500 km	> 750 lux
Grado 1	8	8x8	18-22m	11 500 km	> 750 lux
Grado 2	4	4x10	22-25m	6 200 km	> 500 lux
Grado 2	8	8x5	16-18m	6 200 km	> 500 lux
Grado 3	4	4x7	22-25m	4 500klm	> 300 lux
Grado 3	8	4x4 o 4x3	16-18m	4 500klm	> 300 lux

N. Fuente: (Orejón-Sánchez et al., 2020)

4.3.3 Definición de alturas.

La definición de altura para las torres de iluminación de escenarios deportivos depende de la medida de la horizontal y del ángulo formado por la normal (ver **Figura 13**), además del centro del campo de fútbol. El valor del ángulo dependerá del diseño del proyector. El rango recomendado por la Comisión Internacional De Iluminación (Commission International of Eclairage) es de entre 20° y 30°. (Cedeño, 2018, p. 79)

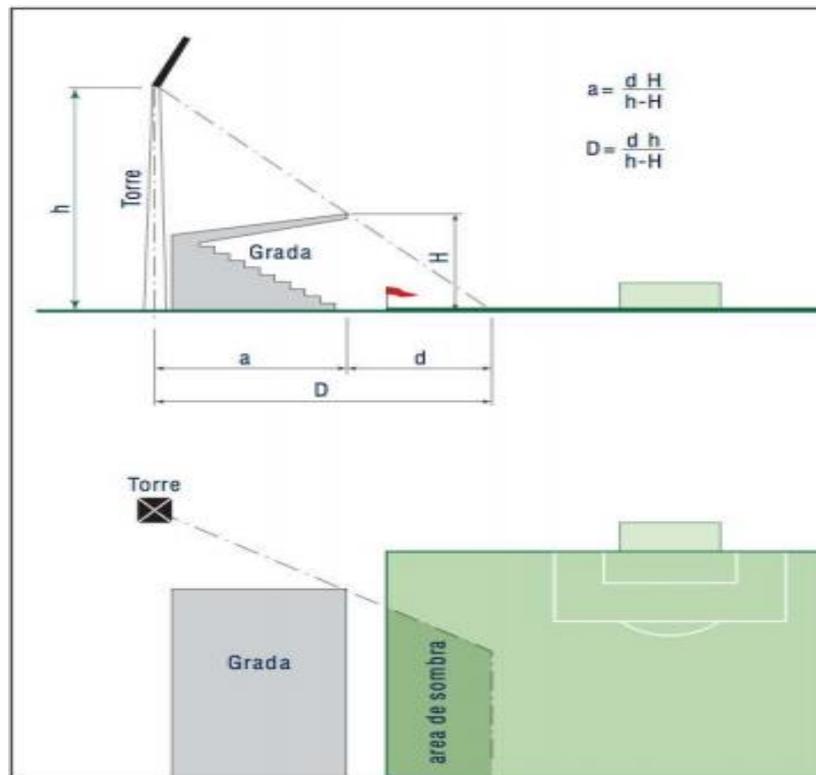


Figura 13. Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales.

N. Fuente: (Cedeño, 2018)

4.3.4 Clasificación del campo de juego según la Norma UNE-EN-12193

La Norma UNE-EN-12193 para Iluminación de instalaciones deportivas, establece en el apartado cinco los requisitos para el alumbrado de los deportes más practicados en Europa. Dentro del apartado 5.1 se define los requisitos generales, en donde se definen tres clases de alumbrado:

- **Alumbrado clase I:** Competición del más alto nivel, tal como competición internacional y nacional que implicará generalmente mayores capacidades de espectadores con distancias de visión potencialmente largas. El entrenamiento de muy alto nivel se puede incluir también en esta clase.
- **Alumbrado clase II:** Competición de nivel medio, tal como competición regional o de club local que implica generalmente capacidades de tamaño medio de espectadores con distancias de visión medias. El entrenamiento de alto nivel se puede incluir también en esta clase.
- **Alumbrado clase III:** Competición de bajo nivel tal como competición local o de un club pequeño que generalmente no implica espectadores. El entrenamiento general, la

educación física (deportes de colegios) y actividades recreativas están también en esta categoría

Según las categorías de competición y las normas que rigen el sistema de iluminación requerida por la FIFA y la Norma UNE-EN-12193 para el estadio municipal de Catacocha se clasifica dicha instalación en un grado o Tipo II, en la **Tabla 8**; Error! No se encuentra el origen de la referencia. se expone el nivel de iluminación, el cual se basa en dimensiones y proporción del estadio.

Tabla 8. Categoría de competición según la Norma Europea UNE-EN-12193.

Exteriores		Área de referencia		Número de puntos de cuadrícula	
		Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura
Baloncesto	PA:	28	15	13	7
	TA:	32	19	15	9
Balonmano	PA:	40	20	15	7
	TA:	44	27,5	15	9
Fistball	PA:	50	20	17	7
	TA:	66	32	17	9
Floorbol	PA:	40	20	15	7
	TA:	43	22	15	7
Fútbol	PA:	100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15
	TA:	108 a 118	72 a 83	21	13 a 15
Fútbol americano	PA:	110 a 117,5	55	21	9 a 11
Netball	PA:	30,5	15,3	13	7
	TA:	37,5	22,5	15	9
Rugby	PA:	144	69	23	11
	TA:	154	79	23	11
Voleibol	PA:	24(véase nota 1)	15	13(véase nota 1)	9

Clase	Iluminación horizontal		GR	Índice de rendimiento de color
	E med [lux]	Emin/Emed		
I	500	0.7	50	60
II	200	0.6	50	60
III	75	0.5	55	20

Nota 1 - Para la clase I la competición internacional en el nivel máximo puede justificar una longitud de 34m para el nivel principal (PA). El número correspondiente de puntos de cuadrícula en longitud es entonces de 15

N. Fuente: (Obse, 2009)

4.3.5 Clasificación de luminarias y requerimientos para iluminación de un campo de fútbol

De acuerdo a lo expuesto en el anterior apartado y de acuerdo a lo expuesto en las normativas FIFA y UNE-EN-12193, el sistema de iluminación seleccionado sería Clase II, por lo tanto, el nivel de iluminación requerido, será más bajo que para los partidos retransmitidos o televisados, correspondientes a una categoría de competición Clase III o superior, la calidad de la iluminación debe seguir siendo alta en términos de uniformidad, comodidad visual y limitación de la luz molesta.

Los postes deberán colocarse fuera de la dirección de visión normal de los jugadores con respecto a su alineación con las líneas de gol y las líneas de banda. Dentro de lo cual se predispone a demostrar los niveles requeridos según la clasificación de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha.

Como se aprecia en la **Figura 14** las especificaciones técnicas en altura, lúmenes, factores de mantenimiento, energía del sistema, reproducción de color y tecnología de la luminaria representan la clasificación adecuada para poder iluminar un estadio de fútbol clase II con tecnología LED.

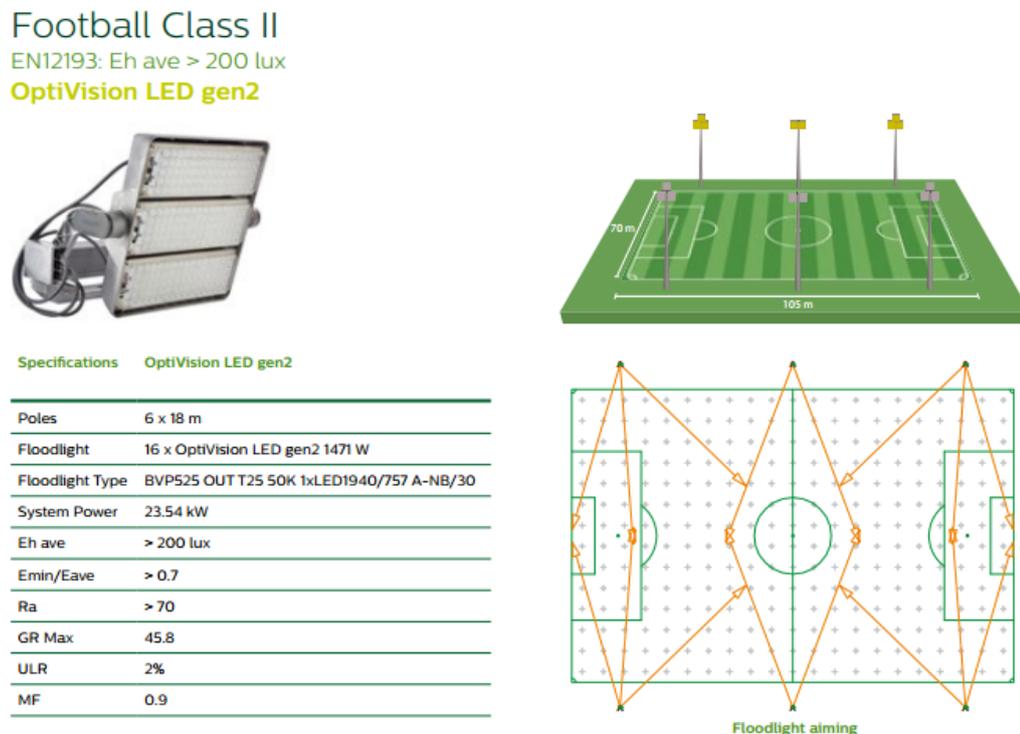


Figura 14. Sistema de iluminación LED, acorde a la categoría clase II dispuestos por la normativa FIFA y UNE-EN12193

N. Fuente:(Philips-Lighting, 2016)

De igual forma la **Figura 15** expone los mismos niveles técnicos de iluminación para un estadio de fútbol clase II, con la única diferencia que el tipo de tecnología es diferente, considerando la diferencia de valores en potencia y/o energía del sistema, factor de mantenimiento y número de dispositivos utilizados para iluminación del estadio.

Football Class II

EN12193: $E_h \text{ ave} > 200 \text{ lux}$

OptiVision



Specifications OptiVision

Poles	6 x 18 m
Floodlight	18 x OptiVision 2100 W
Floodlight Type	MVP507 MB/60 1xMHN-LA2000W/400V/842
System Power	38.2 kW
$E_h \text{ ave}$	$> 200 \text{ lux}$
$E_{\text{min}}/E_{\text{ave}}$	> 0.7
R_a	> 70
GR Max	44.4
ULR	0%
MF	0.8

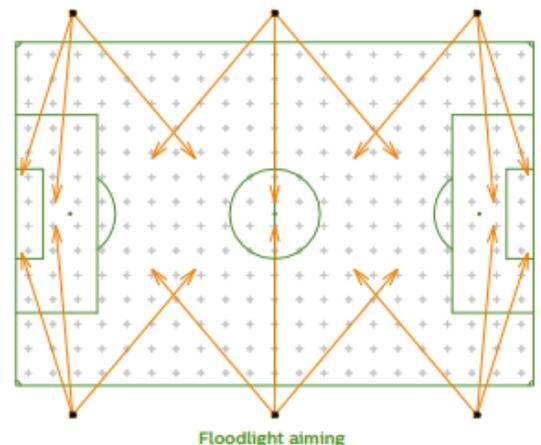
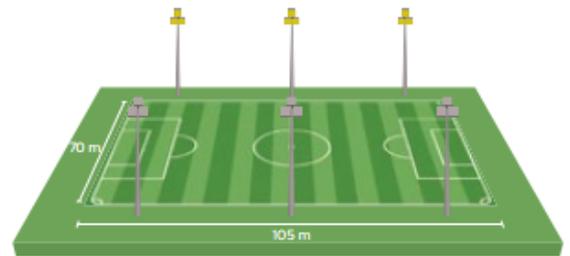


Figura 15. Sistema de iluminación por Halogenuros Metálicos, acorde a la categoría y clase II dispuestos por la normativa FIFA y UNE-EN12193

N. Fuente: (Philips-Lighting, 2016)

4.3.6 Diseño de torres

El dimensionamiento de las torres, considerando el criterio de clasificación de los estadios en base a la FIFA y la Norma UNE-EN-12193 se dimensionan para una altitud de 16 m a 22 m de altura, si bien el criterio depende de la clasificación, el diseño de la torre es opcional, así como la calidad del material a instalar. Dentro de este apartado y desde la **Tabla 9** a la **Tabla 16** se exponen diferentes tipos de infraestructuras que podrían adaptarse al estadio Municipal de Catacocha.

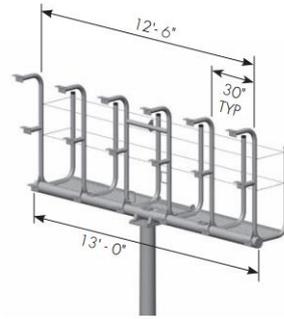
Se debe mantener un estándar de seguridad dada la escala de iluminación del estadio. Según Valmont® & Venues (2018) es reconocido en la industria por proporcionar esta garantía de seguridad durante toda la vida del recinto. “Las innovaciones en los ejes redondos y de varios lados, como una plataforma de accesorios con cableado interno de baja resistencia, hacen de Valmont® sea una de las mejores opciones para los clientes que necesitan postes de iluminación para deportes.”

Tabla 9. Modelos de jaulas para torres de iluminación deportiva

PLATAFORMAS CON JAULA VALMONT		
Código	Nº de luminarias	Descripción grafica.
X24 Jaula	24	
Y21	21	

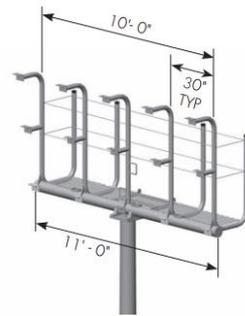
A18

18



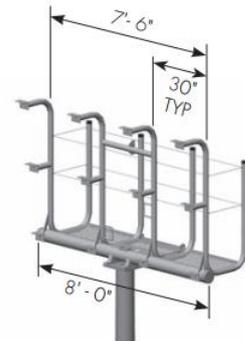
T15

15



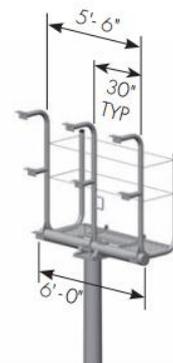
B12

12



W9

9



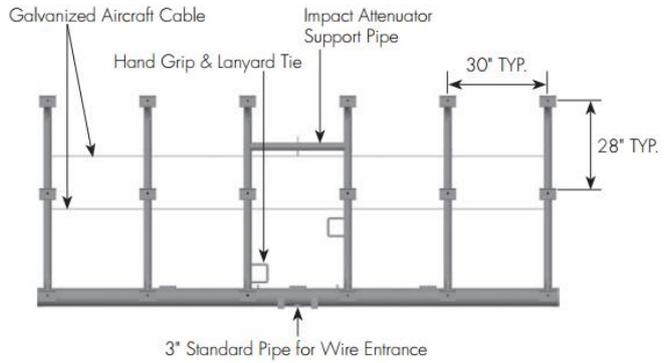
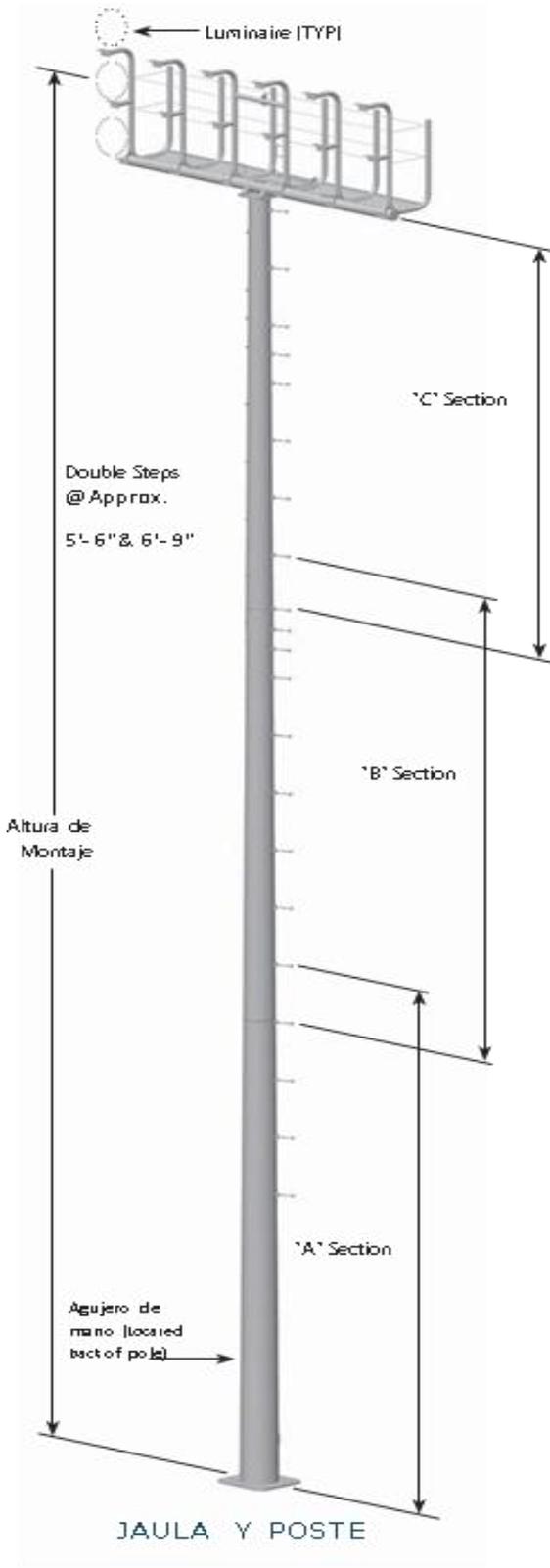
Nota: Los distintos sistemas de jaulas son enfocadas al sistema de mantenimiento, cambio o reparación de luminarias, asegurando el trabajo de manera responsable y eficiente para el operador al momento de escalar la torre de iluminación.

Tabla 10. Primer modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva

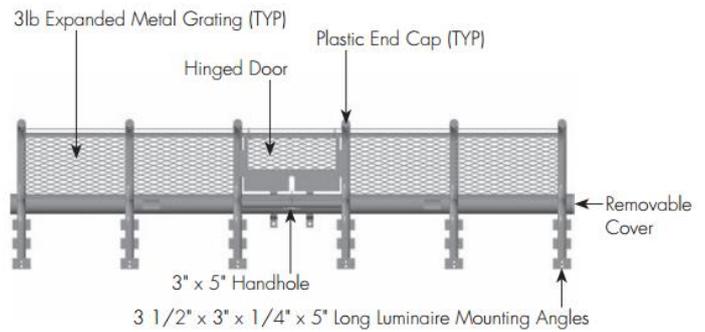
JAULA Y POSTE

Modelo de torre

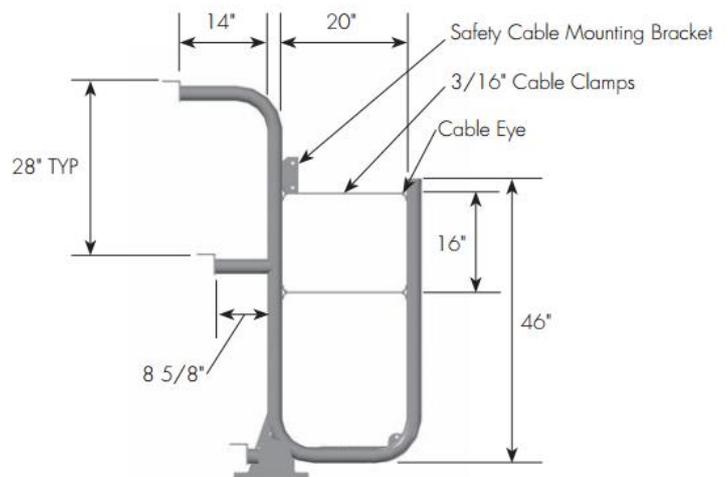
Características de la Jaula



Vista frontal



Vista superior



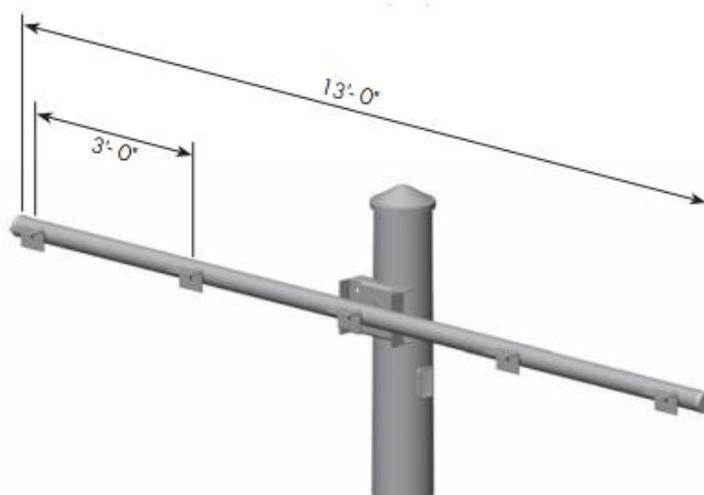
Vista lateral

Tabla 11. Modelos de cruces tubulares para torres de iluminación con ajuste de accesorios

CRUCES TUBULARES		
Código	N° de accesorios	Descripción grafica.
CR2	2	
CR3	3	
CR4	4	

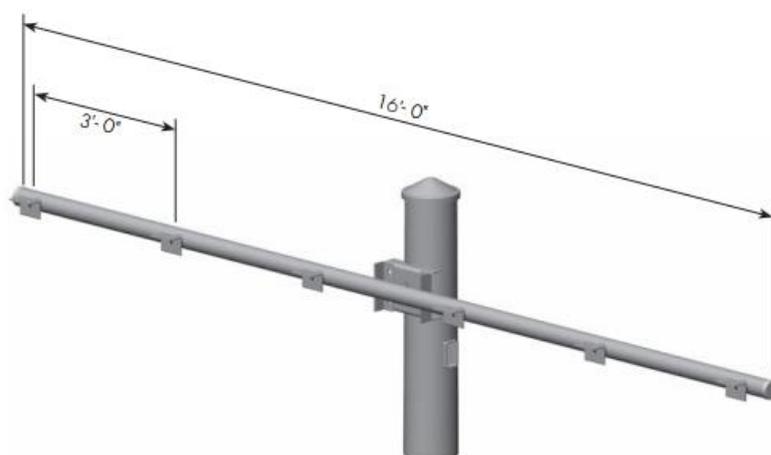
CR5

5



CR6

6



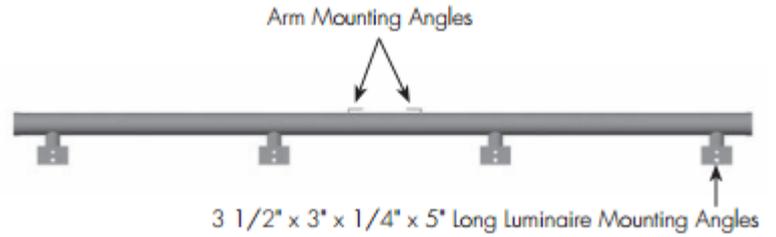
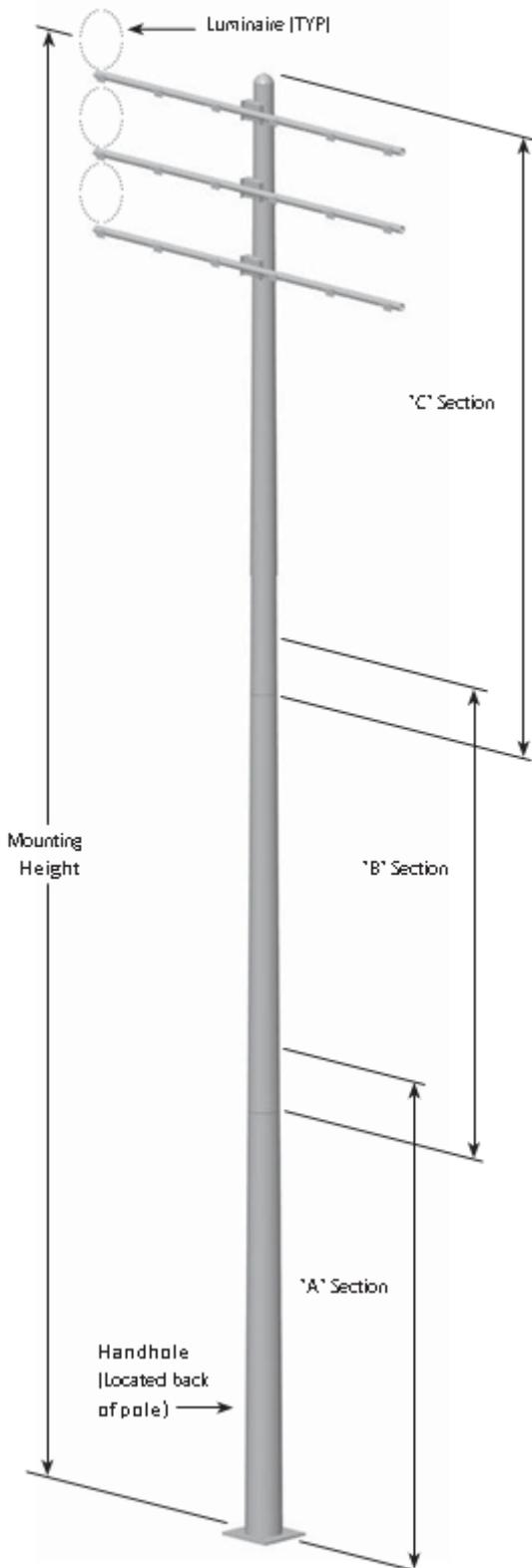
Nota: Las distintas clases de soportes y cruces tubulares de la compañía Valmont® permiten adecuar los sistemas y equipos como luminarias, cableado y equipos auxiliares.

Tabla 12. Segundo modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva

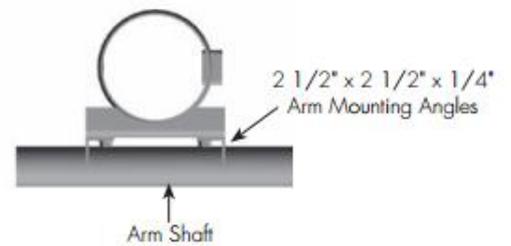
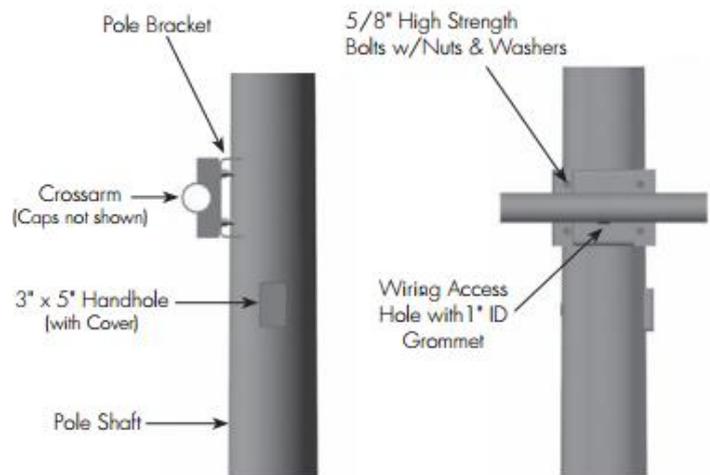
TRAVESAÑO TUBULAR Y PÉRTIGA

Modelo de torre

Características de Armado



**Detalle del brazo cruzado
vista superior**



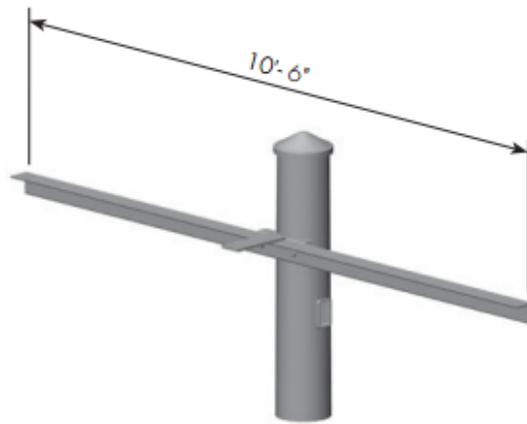
Detalles de montaje del brazo cruzado

Tabla 13. Modelos de cruces angulares para torres de iluminación con ajuste de accesorios

CRUCES ANGULARES DE HIERRO		
Código	N° de accesorios	Descripción grafica
ACR 2	2	
ACR3	3	
ACR4	4	

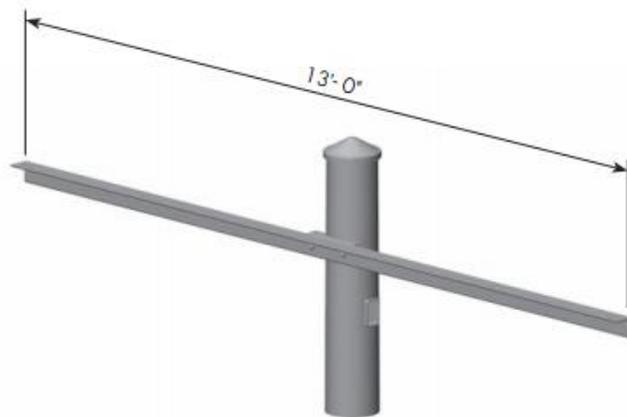
ACR5

5



ACR6

6



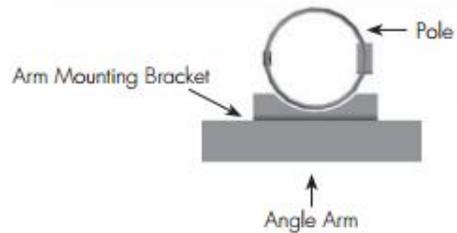
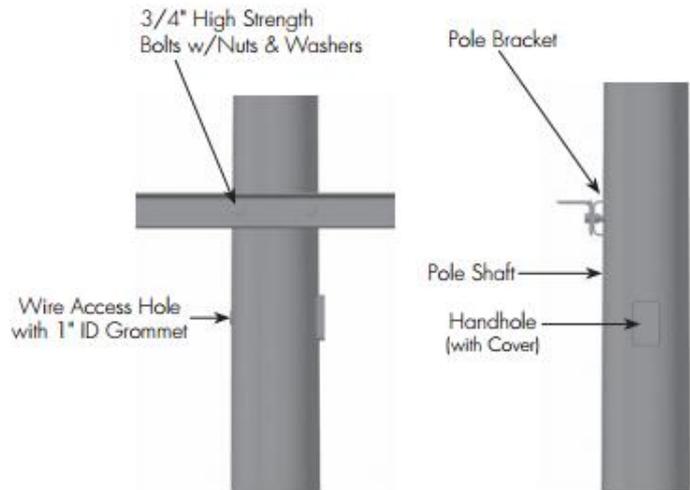
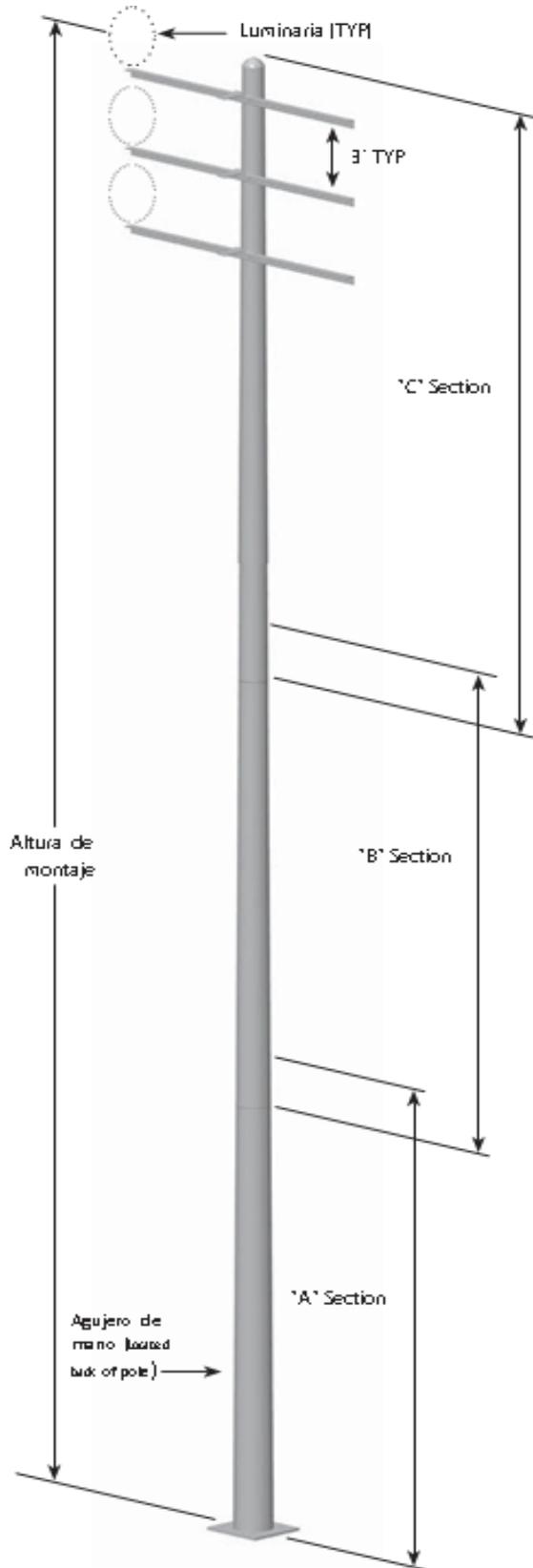
Nota: El sistema angular o regleta permite mayor estabilidad y aseguramiento de los equipos luminosos montados en las torres de diseño, cabe mencionar que según el fabricante Valmont® las Perforaciones de accesorios ACR2 estarán espaciados a 36" en el centro y todos los demás serán a perforaciones de 30" en el centro.

Tabla 14. Tercer modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva

CRUZADA Y POSTE DE HIERRO EN ÁNGULO

Modelo de torres

Características de diseño



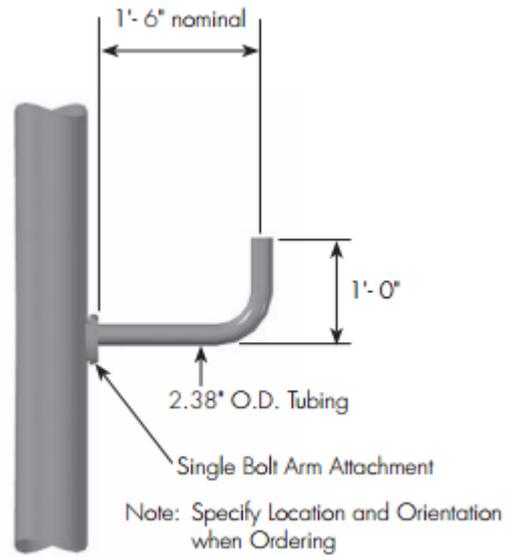
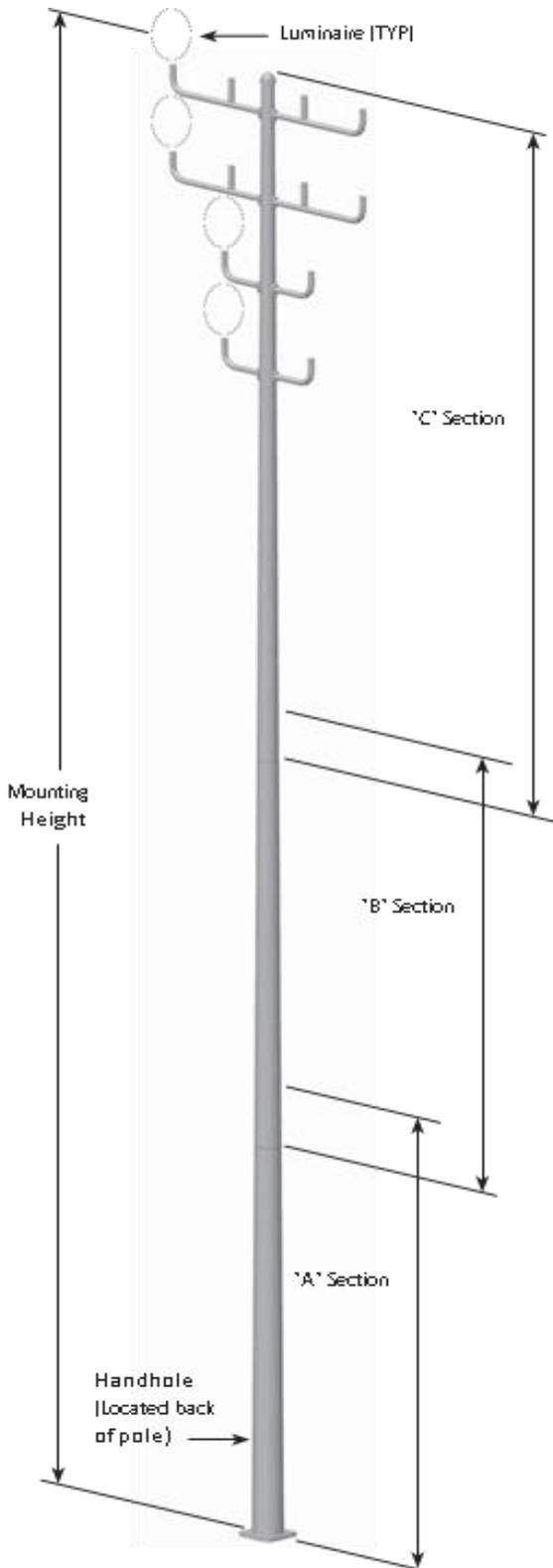
ACR detalles de montaje

Tabla 15. Cuarto modelo de Torre para sistemas de iluminación deportiva

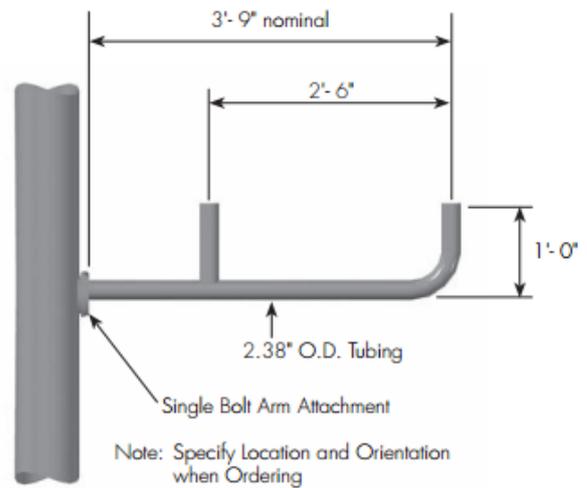
BRAZOS DE SOPORTE VALMONT-BOCONES

Modelo de torres

Características de diseño



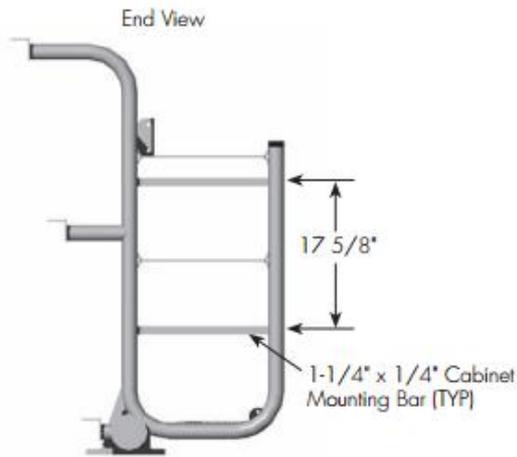
M080 ARM



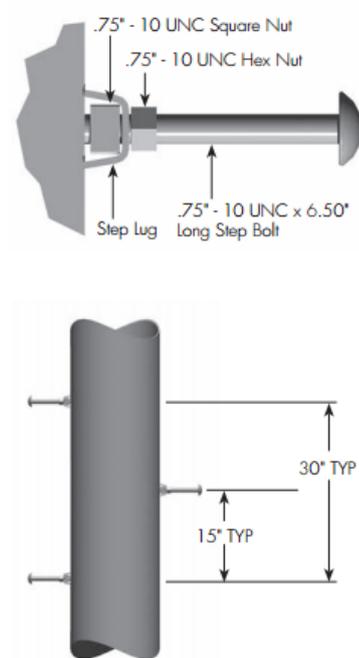
M082 ARM

Tabla 16. Accesorios para el diseño de torre

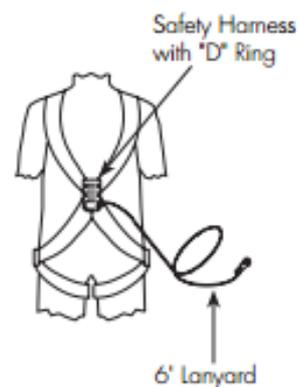
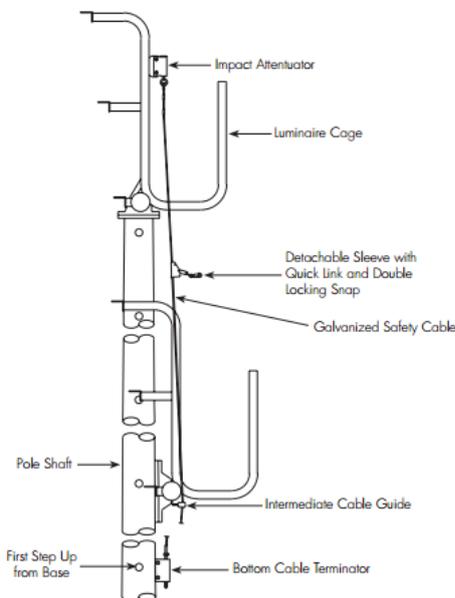
ACCESORIOS



Panel de control – montaje en caja



Pasos de piscina desmontables



Arnés de seguridad

Dispositivo de escalada por cable de seguridad

Nota: El correcto dimensionamiento de la torre deberá contener por lo mínimo un sistema de seguridad para el operador o técnico encargado del mantenimiento del sistema de iluminación, cableado, reemplazo de dispositivos y vida útil del sistema.

Aspectos importantes para diseño de torres deportivas.

Para el diseño adecuado de torres para el estadio Municipal de Catacocha, se deben considerar tres aspectos:

1. La accesibilidad para instalarlos, por ser un estadio ya construido.
2. La altura necesaria según las normas técnicas de construcción (FIFA) y
3. La carga del viento, los cuales restringen el tipo de estructura que se elegirá.

Los postes están afectados por varias cargas, se debe considerar el efecto de la gravedad y las cargas laterales. La gravedad afecta a todos los objetos con masa que están sobre la superficie de la tierra, básicamente es el peso propio de la torre y de los equipos a sostener.

Las cargas laterales son de dos tipos:

1. Las cargas originadas por el viento y
2. Las cargas originadas por un movimiento telúrico.

El viento actúa en cualquier dirección sobre la estructura, las cargas laterales provocadas por el viento se deben a la fuerza generada por la presión o succión causada por la energía cinética del viento que actúa en dirección perpendicular a la superficie expuesta al viento.

5 Metodología

5.1 Materiales.

Para la ejecución del proyecto se utilizaron los siguientes recursos tecnológicos:

- Software DIALux evo® versión 4.13
- Software AutoCAD®
- Geo portal de la EERSSA (SIG.)

5.2 Métodos.

En la realización del proyecto se emplea el **método práctico**, se realiza un levantamiento técnico del sistema de iluminación que exista dentro del complejo deportivo, así como las dimensiones de la infraestructura de juego (cancha) para definir los requerimientos según las normativas española UNE-EN-12193 y FIFA para el tipo de uso del complejo deportivo, para determinar el diseño óptimo de iluminación del estadio Municipal de Catacocha.

Se emplea un **método sintético**, el cual ayuda a clasificar la información obtenida mediante consulta para realizar una comparativa entre dos lámparas (Halogenuros metálicos, LED) con el fin de cumplir las normativas UNE-EN 12193 y la FIFA

Además, se emplea un **método de diseño**, el cual realiza un análisis técnico para comprobar que las simulaciones obtenidas por las dos tecnologías de iluminación sean factibles de ejecutar.

El enfoque del proyecto, será cuantitativo, debido a la recolección de datos obtenida dentro del complejo deportivo, las cuales generan información numérica, además se considera las características lumínicas actuales.

Todos los métodos antes mencionados se los expone en el flujograma de la **Figura 16** la cual detalla el proceso iterativo llevado a cabo dentro del proyecto de iluminación.

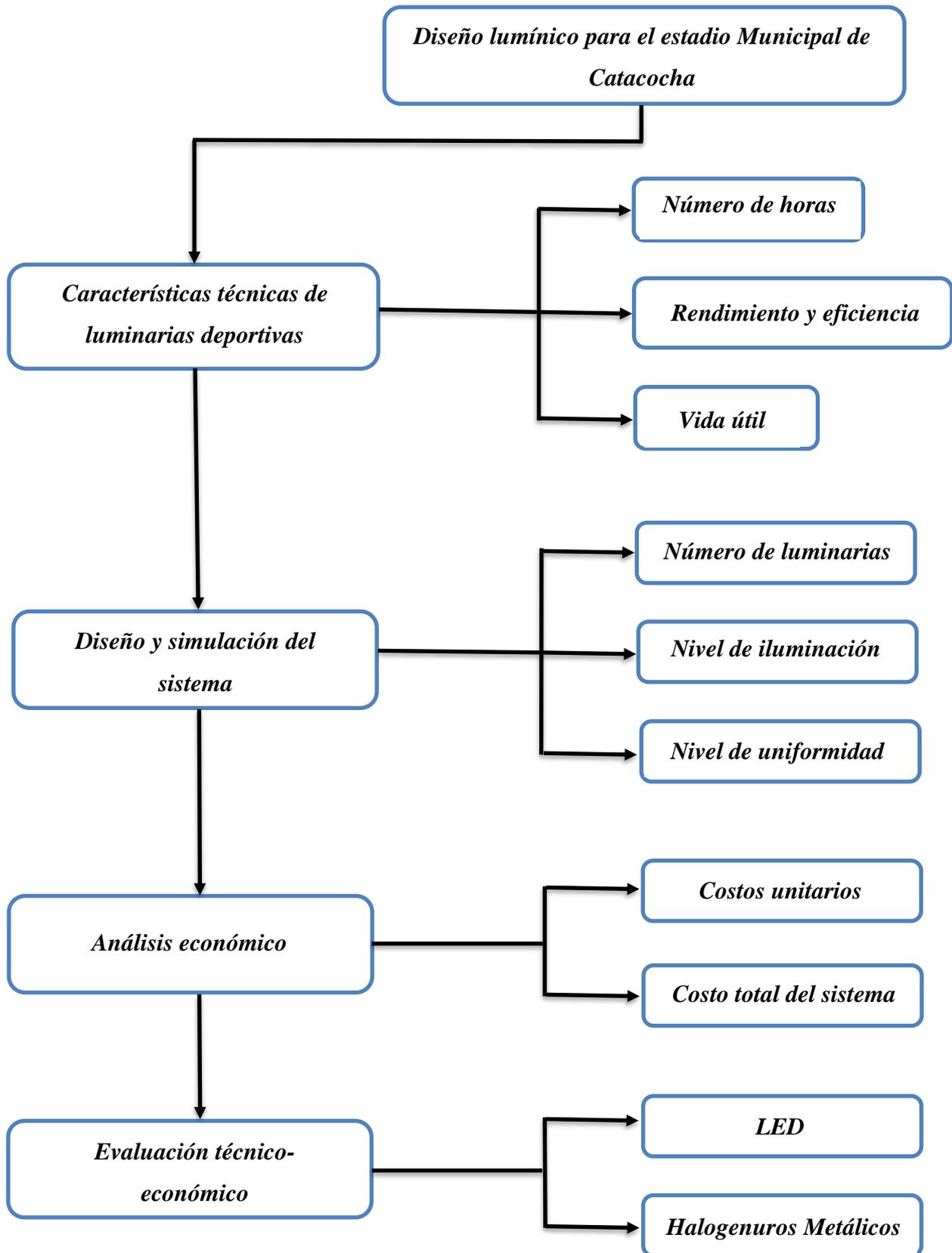


Figura 16. Flujograma del proceso de desarrollo del proyecto

N. Fuente: El Autor

5.2.1 Área de estudio, descripción general del complejo deportivo

La implementación de la metodología previamente estudiada, en función de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos propuestos en este proyecto, busca determinar la mejor eficiencia energética en iluminación de un escenario deportivo (cancha de fútbol), para el cual se utilizan distintas luminarias en base a sus fotometrías, vida útil y valor económico. Se procede a ubicar, determinar y analizar el lugar de implantación del proyecto. El sistema de luminarias propuesto para montaje en torres de diseño previamente seleccionadas. Para el dimensionamiento del sistema de iluminación, en la **Figura 17** se expone los siguientes factores, la velocidad de viento, el ángulo adecuado de inclinación de reflectores, los lúmenes adecuados de iluminación según las normas de aplicación, así como la distribución de luz considerando y el factor de sombra en caso de presentar edificaciones adyacentes.

El complejo deportivo, Estadio Municipal de Catacocha cuenta con un área de terreno de 22 663,56 m² ubicado en el lado extremo Norte de la ciudad. Cuenta con un sistema de camerinos Norte y Sur de única planta con áreas de construcción de 137,71 m² y 141,69 m², además, un planta o área de construcción de 35,14 m² para sistemas de transmisión para radio frecuencia, un sistema de drenaje con tubo PVC 6'' y 4'' al 2 %, 2 sistemas de entradas y salidas (fachada), un graderío de 100 m de largo por 3 m medidos desde el piso, un sistema de cubierta metálica de acero estructural para hormigón armado con un sistema de armazón tipo cercha, una pista atlética y una cancha de fútbol de 100 m de largo por 64 m de ancho.

La ubicación exacta mediante coordenadas geográficas es de:

Latitud: 4° 3'20.15"S; Longitud: 79°38'48.18"O

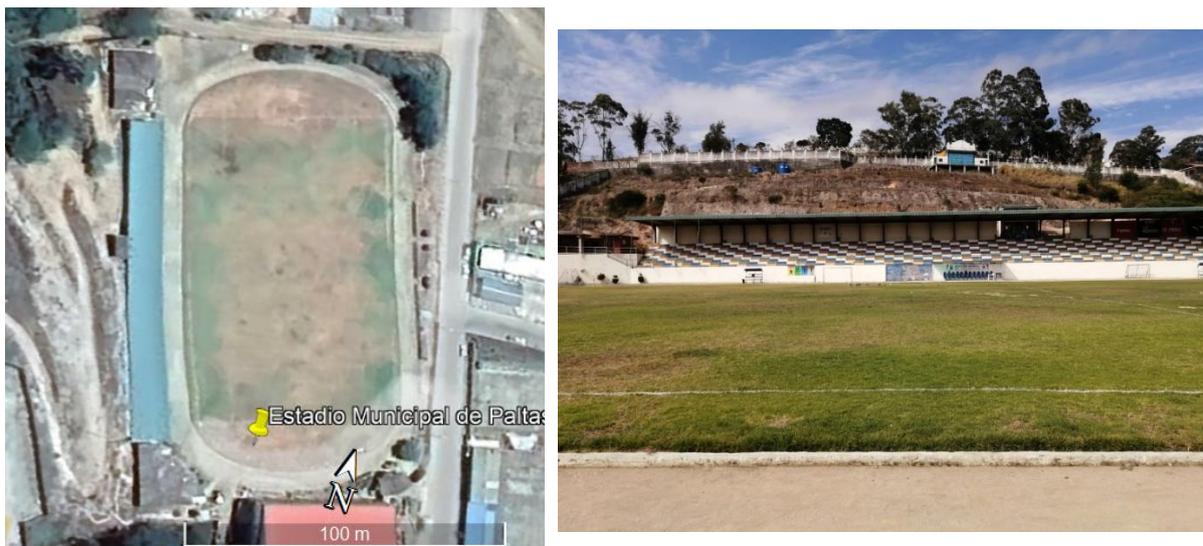


Figura 17. Zona de estudio, ubicada del estadio municipal de Paltas

N. Fuente: El Autor

5.2.2 Procesamiento de luminarias utilizadas para iluminación del complejo deportivo

Por lo expuesto en el apartado 4.1.5.3 (características técnicas de luminarias) se puede determinar que la preselección de luminarias es en función de estos parámetros, con la finalidad de cumplir los niveles requeridos por las normativas expuestas, además de comparar estas dos tecnologías y determinar la eficiencia y luminosidad del estadio de fútbol, considerando la vida útil, ahorro, comodidad de visualización y confort, accesibilidad y mantenimiento.

Se realiza el estudio lumínico utilizando el software DIALux evo® versión 4.13, de las 2 luminarias seleccionadas para la simulación, (*Halogenuro metálico MVF4031xMHN-SAH2 175 W/400 V/956 A6 +ZVF403 GS* y *LED OLYMPIC THREELINE 1 000 W*) cómo se puede observar en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Comparación entre luminarias Halogenuros-LED para el diseño lumínico del estadio



Luminaria de halogenuro metálico MVF4031xMHN-SAH2000W/400V/956 A6 +ZVF403 GS

Luminaria LED OLYMPIC THREELINE 1000W

ESPECIFICACIONES GENERALES

Tipo de luminaria	Halogenuro metálico	Tipo de luminaria	LED
Temperatura de color (K)	5600	Temperatura de color (K)	5700
Grado de protección	IP 65	Grado de protección	IP 66
Voltaje de alimentación (V)	220-380-415	Voltaje de alimentación (V)	110-120

Frecuencia (Hz)	50 a 60	Frecuencia (Hz)	50 a 60
Potencia (W)	2 000	Potencia (W)	1 000
Factor de Potencia	0,9	Factor de Potencia	>0,95
Salida de lúmenes de la luminaria (lm)	167 986	Salida de lúmenes de la luminaria (lm)	150 000-170 000
Eficiencia luminosa (lm/W)	77.2	Eficiencia luminosa (lm/W)	150
Vida útil (h)	>15 000	Vida útil (h)	50 000(L80:B10)
Reproducción de color (CRI)	>70	Reproducción de color (CRI)	>80
Corriente de trabajo (mA)	350-700	Corriente de trabajo (A)	4.81

N. Fuente: El Autor

Para determinar la ubicación de las luminarias en las torres o soportes, se considera las normativas de la FIFA; cantidad de lúmenes que deberá tener el estadio, el ángulo de inclinación reflectivo de las luminarias y el sistema de seguridad deberán estar enmarcadas en base a esta normativa y en base a la clase o clasificación del estadio.

5.2.3 Arreglo de luces.

Normalmente, los reflectores LED se instalan alrededor de la estructura del borde del techo del estadio. Sin embargo, para algunos campos de fútbol, las luces se instalan en los postes/torres alrededor del perímetro del campo. La FIFA establece requisitos detallados sobre este caso, que incluyen, las lámparas detrás de la línea de gol, el punto de enfoque de las luminarias, la posición de la columna, etc.

Es importante dentro del campo de juego predecir la mejor elección de iluminación en cuanto a distribución de lúmenes, colocación de torres, disposición y área de la cancha deportiva, para lo cual se presenta a continuación los enfoques o sistemas de arreglo de luces más utilizados en escenarios deportivos.

- **Sistema de alumbrado lateral:** Este sistema de alumbrado dispone de uno a cuatro postes de iluminación por banda, el emplear estos postes dependerán de la clase en que se encuentre el estadio deportivo o por las dimensiones de la misma, a medida que la clase sea más exigente, es recomendable colocar más postes, logrando una mayor distribución de iluminación.

- **Sistema de alumbrado por esquinas:** Este sistema emplea cuatro postes uno por cada esquina, debido a que no se permite emplear postes por los laterales por motivos de arquitectura del estadio o por las tribunas.
- **Sistema de alumbrado mixto:** Este sistema es la combinación de ambas debido a que permite iluminar tanto desde la esquina como laterales siempre y cuando la arquitectura del complejo deportivo lo permita. (Revilla, 2021, p. 62)

Para la propuesta de iluminación del estadio Municipal de Catacocha se elige el sistema de alumbrado lateral debido a que la infraestructura y diseño del complejo permite usar este tipo de sistema, además por la clase II en que se encuentra el estadio y la topografía del terreno es muy conveniente utilizar ese tipo de método.

5.2.4 Métodos para el cálculo de luminarias

Dentro de un proyecto de iluminación para establecer las respectivas simulaciones se debe considerar los métodos correspondientes para el cálculo de luminarias a emplearse, como son:

- Método de punto por punto
- Método de lúmenes.
- Software computarizado DIALux evo®

5.2.4.1 Método de punto por punto.

El método de punto por punto para el cálculo de luminarias Según Poma (2007) se expone en la **Figura 18**:

Se considera el más exacto, debido a que se realiza la medición de cada punto con la contribución de cada luminaria individualmente, se lo aplica siempre y cuando la cantidad de puntos y luminarias no sea grande.



Figura 18. Método de punto por punto

N. Fuente: (Poma, 2007)

Para poder implementar este método se hace uso de las **Ecuaciones 1 y 2** descritas a continuación

$$E_H = \frac{I * \text{Cos}^3 \alpha}{H^2}; \quad E_V = \frac{I * \text{Cos}^2 \alpha * \text{Sin} \alpha}{H^2} \quad \text{Ecuación 1 y 2}$$

Donde:

E_H = nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en lux)

E_V = nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en lux)

I = intensidad de flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente (candela)

α = ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la luminaria

H = altura del plano de trabajo a la lámpara (metros)

5.2.4.2 Método de lúmenes.

El método de lúmenes es el más sencillo de utilizar para calcular el número de luminarias en una instalación, debido a la gran aplicabilidad cuando existe mayor cantidad de puntos y luminarias con grandes áreas de aplicación. Está determinado por la **Ecuación 3**:

$$E = \frac{\Phi_T}{\text{Área}} = \frac{\Phi_T}{(a * l)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

E = Nivel de iluminación (lux)

Φ_T = Total de lúmenes incidentes sobre una superficie (lm)

a = ancho del área (m)

l = longitud del área (m)

La **Ecuación 4** expresa un aspecto importante; el flujo luminoso total (Φ_T) se ve afectado por los factores de utilización (f_u) y de mantenimiento (f_m), quedando la expresión de la siguiente manera.

$$E = \frac{\Phi_T * f_u * f_m}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Para el cálculo lumínico se utiliza el método de lúmenes del haz, lo cual permite emplear una metodología exacta y encontrar cada uno de los parámetros siguiendo cada uno de los pasos.

5.2.4.3 Obtención del factor de mantenimiento (Fm)

Según Revilla (2021), “Para poder determinar el factor de mantenimiento en el sistema de iluminación deportiva se debe considerar dos factores presentes, los cuales son: la depreciación del flujo de la lámpara (FDF) y la depreciación de la luminaria (FDS)”(p. 41). Los cuales se pueden apreciar dentro de la **Ecuación 5**.

$$FDF = \frac{\Phi_{lam}}{2 \Phi_{lumin}}$$

Ecuación 5

La depreciación del flujo de la lámpara (FDF), se la obtiene mediante las características que ofrecen las luminarias dividiendo entre los lúmenes medios iniciales del sistema, datos o especificaciones de la lámpara.

En la **Tabla 18** se expone el valor de la (FDS), donde se especifica el tipo de luminaria y que volumen de suciedad puede acumular durante el pasar del tiempo o su vida útil de funcionamiento.

Tabla 18. Factores de depreciación de luminarias (FDS)

Tipo de luminaria	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Abierta no ventilada	0,90	0,8	0,71	0,64	0,56
Abierta ventilada	0,95	0,89	0,83	0,78	0,72
Cerrada	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78
Vidrio refractor o cerrada y filtrada	0,98	0,95	0,93	0,89	0,86

N. Fuente: (Revilla, 2021)

Una vez obtenido los valores y todos los componentes, se expresan mediante la **Ecuación 6** el factor de mantenimiento:

$$fm = FDF * FDS$$

Ecuación 6

5.2.4.4 Obtención del número de proyectores.

Para el cálculo del número de proyectores se debe considerar algunos parámetros como es el coeficiente de utilización del haz (CBU) y el factor de mantenimiento (fm), la **Ecuación 7** expresa la obtención del número de proyectores.

$$N_p = \frac{E_m * S}{\Phi * CBU * fm}$$

Ecuación 7

Donde:

N_p = número de proyectores necesarios

E_m = iluminancia media recomendada para cada aplicación

S = superficie a iluminar en m^2

Φ = flujo luminoso de un proyector en lúmenes

CBU = Coeficiente de utilización del Haz, su valor oscila entre 0,6 y 0,9

fm = factor de mantenimiento cuyo valor está entre 0,65 y 0,8

Además, para determinar el cálculo correcto de las luminarias se debe efectuar una corrección, para trabajar con números enteros dentro de resultados. Por lo cual se deberá implementar la **Ecuación 8** para realizar dicha corrección:

$$\frac{N_{proyectores}}{Postes} = \frac{N_p}{N_{postes}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Una vez corregido, el arreglo se puede determinar con la **Ecuación 9**, el resultado final es el número exacto de proyectores a utilizar considerando el número de postes implementados:

$$N_p = N_{postes} * N_{proyectores} \quad \text{Ecuación 9}$$

5.2.4.5 Obtención del coeficiente de utilización del haz (CBU) y distancia de proyección de luminarias

Para determinar este coeficiente es necesario disponer de la altura, la distancia de poste y la distancia entre el borde del campo y la torre, así como lo expresa la **Figura 19**, además de las características fotométricas y propiedades lumínicas del proyector.

Primero se determina la fotometría más adecuada para áreas exteriores, para este caso es la iluminación de un escenario deportivo (estadio de fútbol), esta distancia de proyección (dp) se encuentra de acuerdo a la apertura del haz (NEMA), una vez calculado la distancia de proyección los proyectores no deberán sobrepasar una apertura de 70° debido a esto se asume la inclinación de 65°, encontrando las **Ecuaciones 10 y 11**.

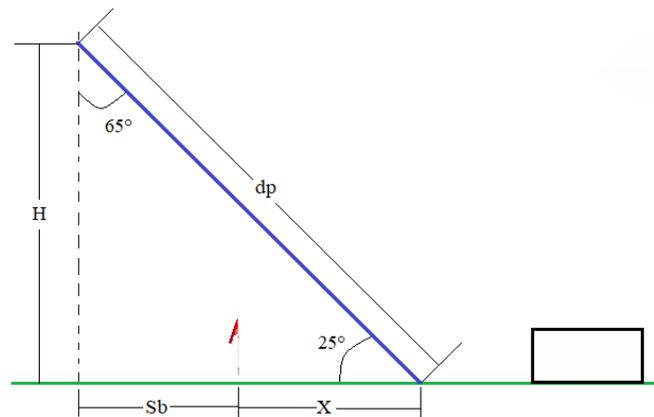


Figura 19. Distancia de proyección.

N. Fuente: El Autor

$$X = \frac{H}{\text{Tag}(25^\circ)} - Sb \quad \text{Ecuación 10}$$

$$dp = \sqrt{(Sb + X)^2 + (H)^2} \quad \text{Ecuación 11}$$

Luego de determinar las ecuaciones que rigen la obtención del coeficiente (CBU) se procede a escoger el proyector mediante la clasificación de la NEMA® expuesta en la **Tabla 2**.

Al disponer de la distancia de proyección es posible determinar el coeficiente de utilización (CBU), existen datos previamente registrados para encontrar dicho coeficiente importante, la **Tabla 19** demuestra para diferentes deportes; de los que su valor varía entre **0,6** y **0,9**, incluyendo el “Fútbol” y el “Béisbol”

Tabla 19. Valores típicos del coeficiente de utilización (CBU)

Deporte	Valor típico CBU
Fútbol	0,6
Béisbol	0,65
Tenis	0,75

N. Fuente: (Revilla, 2021)

5.2.5 Altura de las torres para instalaciones deportivas

Para determinar la altura de los postes se debe considerar el deslumbramiento al cual están expuestos los deportistas, es por esto que para controlar estas situaciones deben establecerse ángulos como 20° y 30° respecto a la horizontal y 75° cuando se encuentre al borde del campo de juego, así como lo expresa la **Figura 20**. Las expresiones de cálculo que rigen este criterio son las **Ecuaciones 12 y 13**.

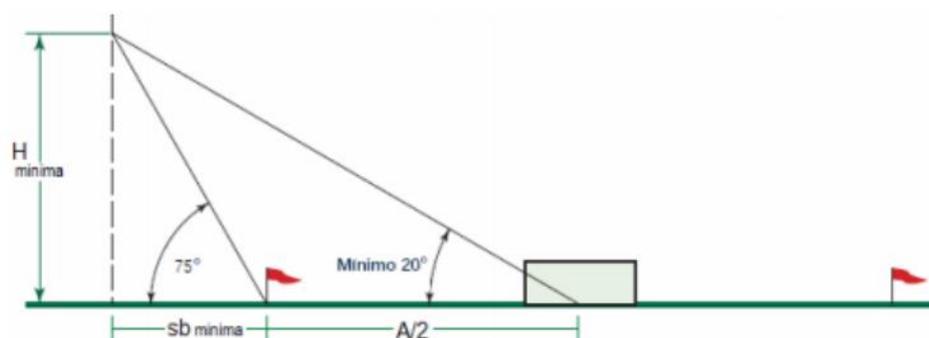


Figura 20. Cálculo de las alturas y distancias mínimas en un campo de juego.

N. Fuente: (Revilla, 2021)

$$\text{Tag}(25^\circ) = \frac{H_{min}}{\left(\frac{A}{2} + S_{bmin}\right)}; \quad H \geq \text{Tag}(25^\circ) * \left(\frac{A}{2} + S_b\right) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Tag(75^\circ) = \frac{H_{min}}{(Sb_{min})}; \quad Sb \geq \frac{\frac{A}{2} * Tag(25^\circ)}{Tag(75^\circ) - Tag(25^\circ)} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

H_{min} = Altura mínima de torre (m)

A = ancho del campo de juego (m)

Sb_{min} = distancia entre el borde de campo y la posición de la torre (m)

5.2.5.1 Selección del sistema de torres

Para la selección del sistema de torres se considera la normativa FIFA expuesta en acápites anteriores, donde se menciona que para escenarios de nivel competitivo fase y/o clase II se debe implementar un sistema de torres de iluminación de seis torres ubicados de manera lateral al campo de juego, además de los aspectos importantes considerados en el apartado **4.1.8** donde se considera la velocidad del viento como un aspecto de diseño y selección de la torre.

Se puede mencionar que para el cálculo de presión causada por el viento sobre las torres se utiliza la **Ecuación 14**.

$$P = 0.5 * \rho * Vb^2 * C_e * C_f \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

ρ = densidad del aire

V_b = Velocidad básica del viento

C_e = Coeficiente de entorno de altura

C_f = Coeficiente de forma

Además del diseño se considera los coeficientes de entorno C_f (**Tabla 20**), como del coeficiente de forma descritos en la **Tabla 21**

Tabla 20. Coeficiente de entorno.

Entorno del edificio	Altura del elemento sobre el nivel del 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	3,2
Terreno abierto con obstáculos	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47

N. Fuente: (González, 2019)

Tabla 21. Factor de Forma

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 elíptica.	+0,7	-
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	-
Arcos y cubiertas cilíndricas con Angulo de inclinación que no exceda los 45 grados	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15 grados o menos	+0,3 - 0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15 y 60 grados	+0,7 - 0,3	-0,3
Superficies inclinadas entre 60 grados y la vertical	+0,8	-0,6
En signo positivo (+) indica presión		
En signo positivo (-) indica succión		

N. Fuente: (González, 2019)

5.2.6 Orientación y dirección de los proyectores

Para poder determinar el mejor arreglo en base a las características de construcción del estadio, topografía del terreno se debe delimitar un diseño adecuado en distribución de luz por todo el campo de juego. La **Figura 21** expresa la disposición lateral de "n" torres a 65° para la iluminación vertical, esto permite evitar el deslumbramiento y una mejor óptica en cuanto a visualización y confort de los jugadores.

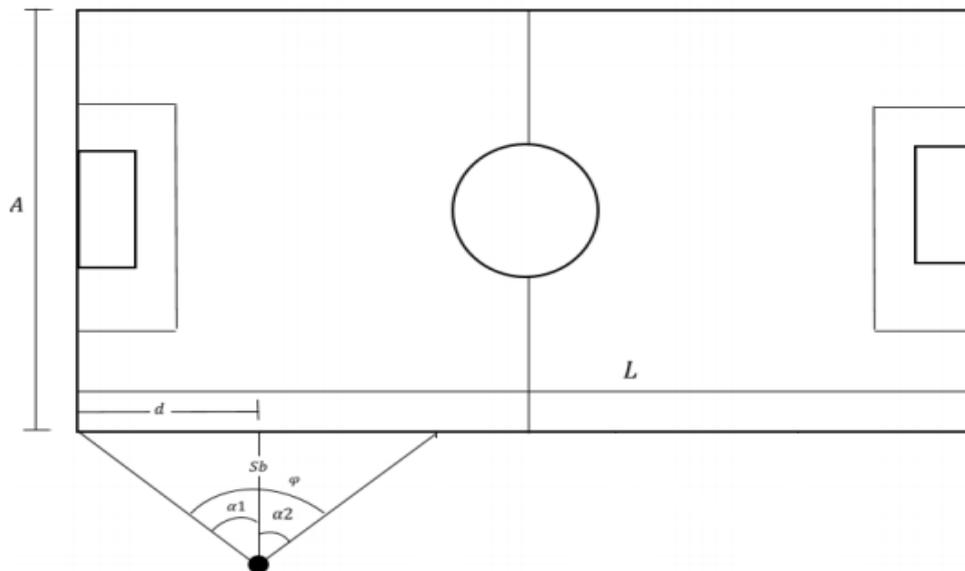


Figura 21. Disposición de los ángulos de apertura de Has luminoso.

N. Fuente: (Revilla, 2021)

Es indispensable determinar el ángulo de apertura hacia el campo de juego; las **Ecuaciones 15, 16 y 17** establecen dichas posiciones para la apertura del haz luminoso, las mismas que se representan a continuación:

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{d}{sb}\right) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{l}{3} - d}{sb}\right) \quad \text{Ecuación 16}$$

$$\varphi = \alpha_1 + \alpha_2 \quad \text{Ecuación 17}$$

Finalmente se procede a determinar con la **Ecuación 18** la orientación del haz central de iluminación.

$$\gamma = \frac{\varphi}{\frac{N_p}{postes} - 1} \quad \text{Ecuación 18}$$

5.2.7 Modelado lumínico del estadio Municipal de Catacocha en DIALux evo® versión 4.13

Con las dimensiones obtenidas del estadio Municipal de Catacocha (Anexo 4), haciendo uso del software DIALux evo® versión 4.13, se efectúa el modelado en 3D des escenario deportivo, además, se implementa el diseño de la torre seleccionada, así como de las luminarias expuestas en el apartado 5.2.2 (Procesamiento de luminarias utilizadas para la iluminación del complejo deportivo).

En la **Figura 22** se expone el levantamiento de información y detalles para exponer las características físicas del complejo deportivo.

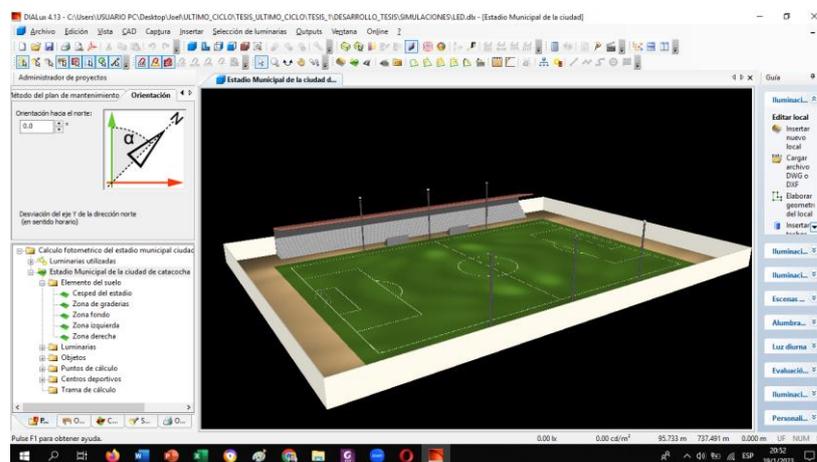


Figura 22. Levantamiento del complejo deportivo en DIALux evo® versión 4.13

N. Fuente: El Autor

6 Resultados

6.1 Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha

El diseño del sistema de iluminación para el estadio municipal de Catacocha se desarrolla por el método de lúmenes, además, la simulación del sistema se realiza haciendo uso de la herramienta de cálculo DIALux evo® versión 4.13, los cálculos analíticos se validan por esta herramienta computacional considerando las recomendaciones expuestas en la normativa FIFA. Se analizarán las dos propuestas y tecnologías de iluminación donde los cálculos luminotécnicos por el método de lúmenes y simulación computarizada permitirán la comparación entre cuál de las dos tecnologías tiene mejores prestaciones.

A continuación, se exponen los análisis planteados para el sistema de iluminación:

a) Dimensiones del área a iluminar

El estadio Municipal de Catacocha posee un estadio de fútbol con un área principal de juego de las siguientes dimensiones:

-Ancho = 64 m

-Longitud = 100 m

-Área = 6 400 m²

b) Determinación del nivel de iluminación

Según la normativa FIFA y la norma europea UNE – EN 12193 (**Tabla 7 y Tabla 8**) clasifican al escenario deportivo en una clase competitiva nivel II por lo cual debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Iluminancia media $E_m = 500$ luxes.
- Deslumbramiento máximo (GR) max = 50.
- Relación entre $E_{min}/E_{med} = 0.7$.
- Disposición de las torres de manera lateral al campo de juego (6 torres)
- Altura de la torre, entre 16-18 m.

c) Elección de la fuente luminosa

Para poder seleccionar la mejor lámpara para satisfacer la necesidad de competición, confort, visibilidad, deslumbramiento, etc. Se opta por comparar dos tecnologías, con la finalidad de escoger que luminaria presenta mejores distribuciones fotométrías dentro del campo de juego, así como en vida útil, horas de funcionamiento, mantenimiento-reparación y costo económico.

De acuerdo a las especificaciones de la lámpara, ésta deberá tener un mayor rendimiento (lm/W), el valor de CRI debe estar entre los 65 que es considerado óptimo para competiciones

y la temperatura de color debe ser entre los 4 000° K a 6 000° K, una vez propuestos dichos parámetros se aprecian en los **Anexo 1** y **Anexo 2** que la lámpara LED es la mejor opción.

6.1.1 Cálculos luminotécnicos por el método de lúmenes correspondientes a la luminaria de halogenuros metálicos Philips- MVF4031xMHN-SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS

6.1.1.1 Altura del montaje para el establecimiento deportivo.

Para efectuar los cálculos de altura de los postes o torres se utiliza las Ecuaciones 12 y 13, aquí se considera el ángulo medido entre 25° y 30° para evitar deslumbramiento. Dentro del desarrollo del proyecto se consideró un ángulo de 25°, obteniéndose los resultados que se exponen a continuación.

$$Sb \geq \frac{\frac{A}{2} * Tag(25^\circ)}{Tag(75^\circ) - Tag(25^\circ)} = \frac{\frac{64}{2} * tag(25^\circ)}{tag(75^\circ) - tag(25^\circ)} = 4,56 m \approx 5m$$

$$H \geq Tag(25^\circ) * \left(\frac{A}{2} + Sb\right) = tag(25^\circ) * \left(\frac{64}{2} + 5\right) = 17,25m \approx 18m$$

6.1.1.2 Distancia de proyección de las luminarias

Las Ecuaciones 10 y 11 expresan el cálculo correspondiente para determinar la distancia de proyección a la que se encuentra nuestro proyector según la apertura del haz de luz que este mantendrá dentro del campo de juego, obteniendo los siguientes resultados.

$$X = \frac{H}{Tag(25^\circ)} - Sb = \frac{18}{tag(25^\circ)} - 5 = 33,60m$$

$$dp = \sqrt{(Sb + X^2) + (H)^2} = \sqrt{(5 + 33,60^2) + (18)^2} = 42,6m$$

Determinado los valores de distancia de proyección, haciendo uso de la **Tabla 2** se establece que es de haz medio, correspondiente a un NEMA clase 5, donde el haz de apertura radica entre 70° a 100° acorde a la dimensión de proyección por tabla.

6.1.1.3 Obtención del número de proyectores (NP)

Para poder obtener el número de proyectores se debe considerar algunos parámetros como el CBU y el factor de mantenimiento, este proceso se lo aplica cuando los valores de haz de flujo de la luminaria y lámpara predominan en las características técnicas del producto.

El valor de coeficiente de utilización (CBU), haciendo uso de la **Tabla 19** varía entre los 0,6 y 0,9, obteniendo:

$$CBU = 0,6$$

Para el factor de mantenimiento se aplica la Ecuación 5, donde se determina el valor del flujo de la lámpara (FDF), este valor se lo puede determinar mediante las especificaciones

técnicas de la lámpara **Anexo 2**, lo cual consiste dividir los luxes medios con los iniciales del sistema.

$$FDF = \frac{\frac{\Phi_{lam}}{2}}{\Phi_{lumin}} = \frac{\frac{22\ 6000}{2} lux}{167\ 986 lux} = \mathbf{0,67}$$

El valor de depreciación de las luminarias (FDS), se realiza a partir de la **Tabla 18** donde se identifica que la luminaria será hermética (cerrada) y al ser utilizada en un ambiente medio (lluvia, polvo, contaminación) aspectos que determinan la clasificación del ambiente, se obtiene:

$$\mathbf{FDS = 0,88}$$

Una vez determinados los valores de FDF y FDS, se puede determinar mediante la Ecuación 6 el factor de mantenimiento:

$$fm = FDF * FDS = 0,67 * 0,88 = \mathbf{0,58}$$

Una vez determinados los valores y parámetros que rigen al número de proyectores (NP), con la Ecuación 7 se obtiene que:

$$N_p = \frac{E_m * S}{\Phi * CBU * fm} = \frac{500 * 6\ 400}{167\ 986 * 0,6 * 0,58} = 54,73 \approx 55$$

$$\mathbf{N_p = 55}$$

Mediante la Ecuación 8 se precede a corregir el valor exacto del número de proyectores:

$$\frac{N_{proyectoros}}{Postes} = \frac{N_p}{N_{postes}} = \frac{55}{6} = 9,16 \approx 10 \text{ luminarias}$$

Se aplica la Ecuación 9 con la cual se determina con exactitud el valor total de luminarias por poste, obteniéndose:

$$Np = N_{postes} * N_{proyectoros} = 6 * 10 = \mathbf{60}$$

$$\mathbf{Np = 60}$$

Por lo tanto, se puede concluir que se utiliza 60 luminarias de halogenuros metálicos de la línea Philips MVF4031xMHN-SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS con una línea de potencia de 2 175 W dando como resultado una carga instalada de 130 500 W, datos que servirán de apoyo para el análisis técnico económico.

6.1.1.4 Orientación y dirección de los proyectores para seis postes

Para evitar el deslumbramiento dentro del campo de juego, el ángulo de 65° es considerado para evitar esta situación, por lo cual se calcula los siguientes ángulos con respecto

al dimensionamiento y reparto de los postes (seis postes de forma lateral) como se demuestra en la **Figura 23**.

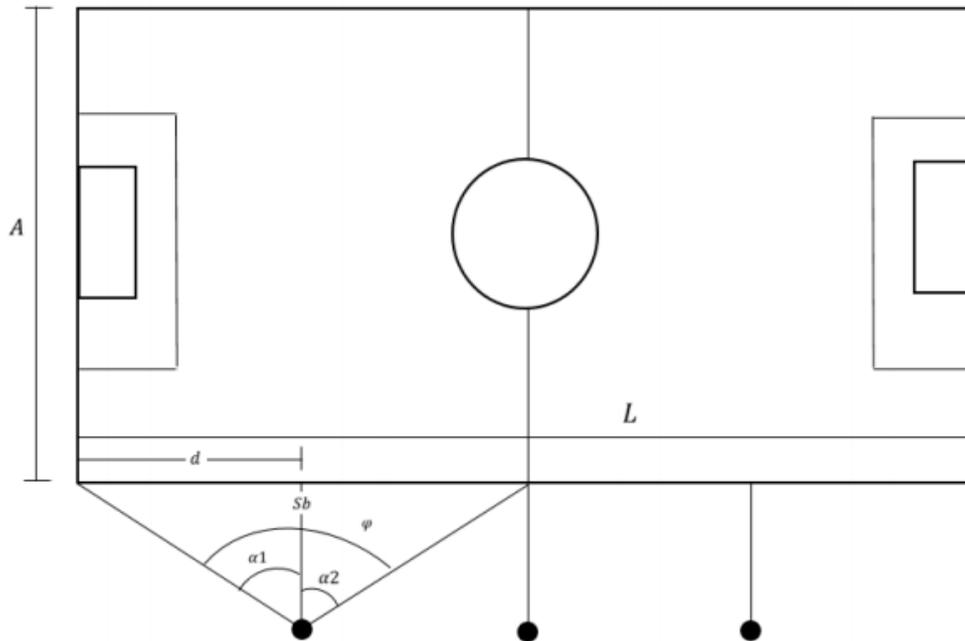


Figura 23. Método propuesto para cálculo de ángulos y colocación de postes.

Propuesta de halogenuros metálicos.

N. Fuente:(Revilla, 2021)

Datos:

Longitud ($L = 100$ m)

Ancho ($A = 64$ m)

Distancia entre postes ($d = 25$ m)

Sb (SetBack) = 5 m

Se procede a determinar el valor de los ángulos mediante las Ecuaciones 15, 16 y 17, considerando las dimensiones del estadio y disposición, valores expuestos en la **Tabla 22**.

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{d}{sb}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{25}{5}\right) = 78,69^\circ$$

$$\alpha_1 = 78,69^\circ$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{l}{3} - d}{sb}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{100}{3} - 25}{5}\right) = 59,03^\circ$$

$$\alpha_2 = 59,03^\circ$$

Por lo tanto:

$$\varphi = \alpha_1 + \alpha_2 = 78,69^\circ + 59,03^\circ$$

$$\varphi = 137,72^\circ$$

La orientación del haz central aplicado la Ecuación 18, permite obtener

$$\gamma = \frac{\varphi}{\frac{N_p}{postes} - 1} = \frac{137,72^\circ}{10 - 1}$$

$$\gamma = 15,30^\circ$$

6.1.1.5 Resumen del diseño de iluminación para la propuesta de halogenuros metálicos.

Tabla 22. Datos del diseño para la tecnología de halogenuros metálicos

Descripción	Características Técnicas
SetBack	5m
Altura de poste	18m
Marca de luminaria	Philips
Modelo	MVF403 1xMHN- SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS
Cantidad de luminarias	60
Cantidad de postes	6
Luminarias por poste	10
Ángulo de inclinación	78,69°
Ángulo de separación de los haces centrales	15,30°

N. Fuente: El Autor

6.1.2 Cálculos luminotécnicos por el método de lúmenes correspondientes a la luminaria LED OLYMPIC THREELINE 1 000W

Los datos obtenidos en el acápite anterior para el sistema de altura de postes, distancia de proyección y orientación de los proyectores dentro del campo de juego son los mismos para la propuesta LED, la única diferencia que radica dentro de este apartado, es establecer el número de proyectores utilizados de acuerdo al factor de mantenimiento y el flujo de la luminaria.

Donde Según Bosco Julia (2019) menciona que:

El momento generalmente aceptado para reemplazar las bombillas LED es cuando producen el 70% o menos de su flujo luminoso inicial. Este punto de tiempo se denomina "vida útil de mantenimiento del lumen", también denominado L70. La vida útil de una luz LED se mide en horas. L70 equivale al número de horas de luz que proporciona un LED antes de alcanzar el 70 % de su rendimiento inicial. (p. 1)

Por lo tanto:

$$CBU = 0,6$$

Tanto el coeficiente de utilización CBU y en coeficiente de depreciación (FDS) se mantienen, dado que para la tecnología LED también será utilizada en el mismo entorno que la luminaria de halogenuros metálicos. El factor de flujo de la lámpara radica en 70 %, por lo tanto:

$$FDF = 0,77 \text{ y } FDS = 0,88$$

Por lo tanto, el factor de mantenimiento será:

$$fm = 0,88 * 0,77 = 0,677$$

$$N_p = \frac{E_m * S}{\phi * CBU * fm} = \frac{500 * 6\,400}{150\,200 * 0,6 * 0,67} = 52,99 \approx 53$$

$$N_p = 53$$

Utilizando la Ecuación 8 se puede determinar el número exacto de proyectores por poste:

$$\frac{N_{proyectoras}}{Postes} = \frac{N_p}{N_{postes}} = \frac{53}{6} = 8,33 \approx 9 \text{ luminarias}$$

Seguidamente, el número de proyectores para la propuesta LED está basado en:

$$Np = N_{postes} * N_{proyectoras} = 6 * 9 = 54$$

$$Np = 54$$

Se puede concluir que es necesario 54 luminaria LED pertenecientes a la línea LED OLYMPIC THREELINE con una línea de potencia de 1 000 W dando como resultado una carga de 54 000 W. En la tabla **Tabla 23** se exponen las características de esta propuesta de iluminación.

6.1.2.1 Resumen del diseño de iluminación para la propuesta LED

Tabla 23. Datos de diseño para la tecnología LED

Descripción	Características Técnicas
SetBack	5m
Altura de poste	18m
Marca de luminaria	Olympic
Modelo	THREELINE 1000W
Cantidad de luminarias	54
Cantidad de postes	6
Luminarias por poste	9
Ángulo de inclinación	78,69°
Ángulo de separación de los haces centrales	15,30°

N. Fuente: El Autor

6.1.3 Resultados de la simulación del diseño de iluminación para la tecnología de halogenuros metálicos

El software DIALux evo® versión 4.13, es una herramienta computacional que permite demostrar, corregir y determinar el número exacto de luminarias para un proyecto de iluminación de escenarios deportivos, esta simulación está basada en los cálculos antes descritos y presentados en el apartado de resultados, con la única particularidad que el software al ser más preciso, determina con exactitud el número total de luminarias empleadas dentro del proyecto. La normativa implementada para determinar el nivel de lúmenes requeridos en la cancha de juego está basada a la norma internacional FIFA.

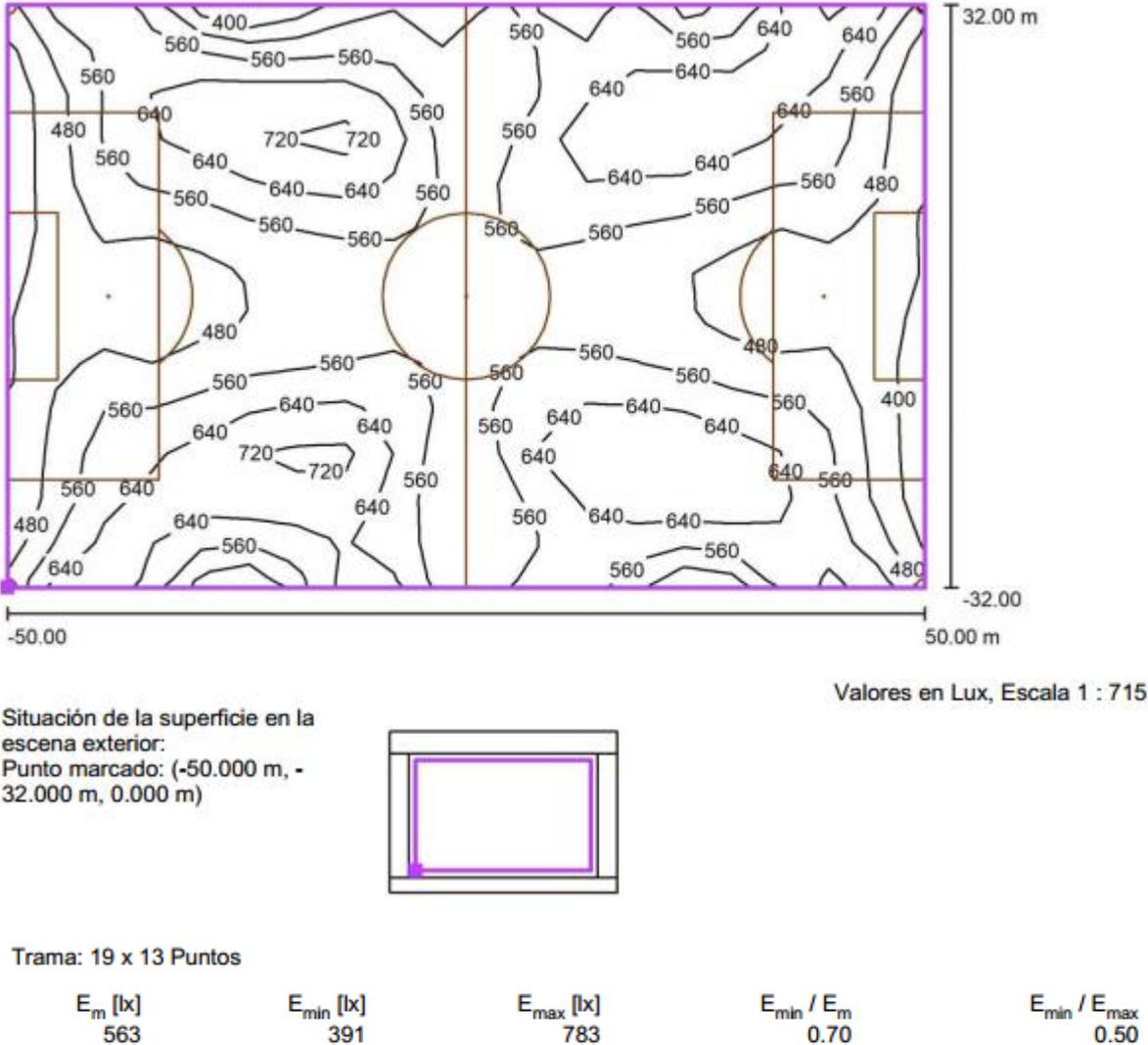
A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la propuesta de halogenuros metálicos para la iluminación del estadio Municipal de Catacocha. Las características relevantes de esta simulación se pueden apreciar en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Datos, máximos, mínimos, medios y uniformidad para la propuesta de halogenuros metálicos

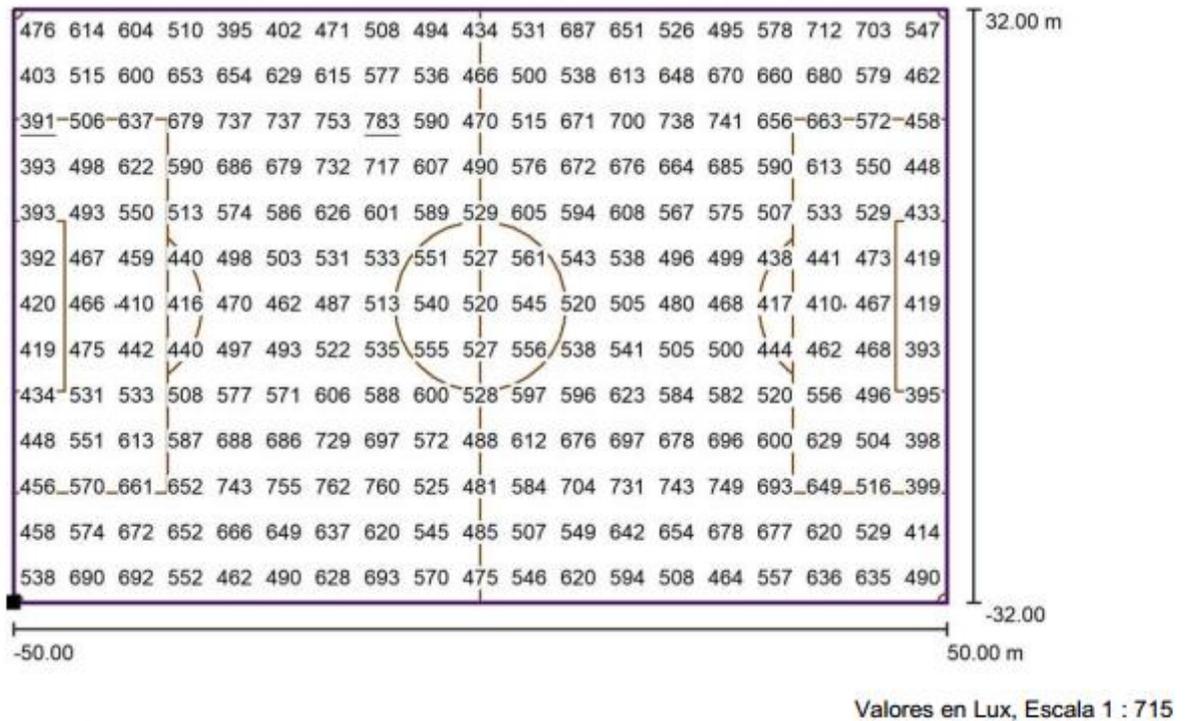
Tipo de iluminación	Em[lx]	Emin[lx]	Emax[lx]	Emin/Em[lx]	Emin/Emax[lx]
Horizontal	563	391	783	0.7	0.5

N. Fuente: El Autor

El entorno de DIALux evo® versión 4.13 permite obtener los siguientes datos relevantes: distribución de fotometrías (lúmenes) dentro del terreno de juego, características de deslumbramiento, renderizados y acabados, así como de los niveles de uniformidad requeridos para este tipo de deporte, expuestos en la **Figura 24**, **Figura 25** y **Figura 26**.



*Figura 24. Isolíneas (Horizontal) para el campo de juego, propuesta de halogenuros metálicos.
N. Fuente: El Autor*



Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
563	391	783	0.70	0.50

Figura 25. Tabla de valores de luxes para el campo de juego propuesta Halogenuros metálicos.

N. Fuente: El Autor

El proyecto de iluminación para el escenario deportivo, necesita de 54 luminarias de la línea MVF4031xMHN-SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS correspondientes a la tecnología de halogenuros metálicos. Una distribución y arreglo de luminarias de 6x9; es decir 6 torres ubicadas, 3 lateralmente a la cancha de juego y 9 luminarias ubicadas por poste, cada una con una potencia de funcionamiento de 2 000 W.



Figura 26. Renderizado estadio municipal de Catacocha con la propuesta de tecnología Halogenuros metálicos.

N. Fuente: El Autor

Los colores falsos, donde se puede apreciar el cumplimiento de la normativa en lúmenes requeridos, se expresan en la **Figura 27**, donde predomina el color verde, lo que permite identificar que la tecnología de halogenuros metálicos cumple con dicha normativa, además de un correcto dimensionamiento y reparto de luxes por toda la cancha de juego. De forma visible se expresan los distintos niveles de luxes en la regla de colores, donde se evidencia el nivel mínimo y máximo para este escenario deportivo.

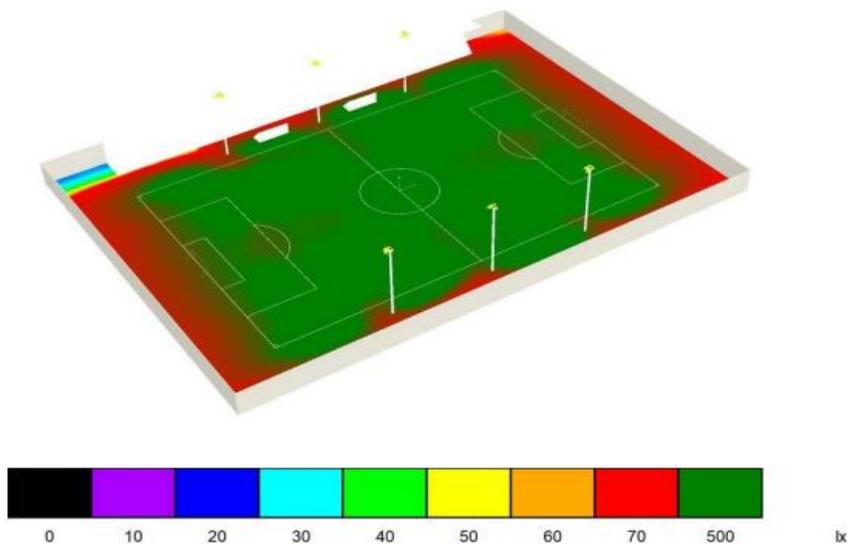


Figura 27. Iluminación del estadio municipal de Catacocha con luminarias de halogenuros metálicos, colores falsos.

N. Fuente: El Autor

Además, se presenta la dirección de la luz con sus respectivos ángulos de distribución. Este procedimiento se lo aprecia en la **Figura 28** donde se detalla la correcta irradiación cumpliendo con la normativa establecida de funcionamiento.

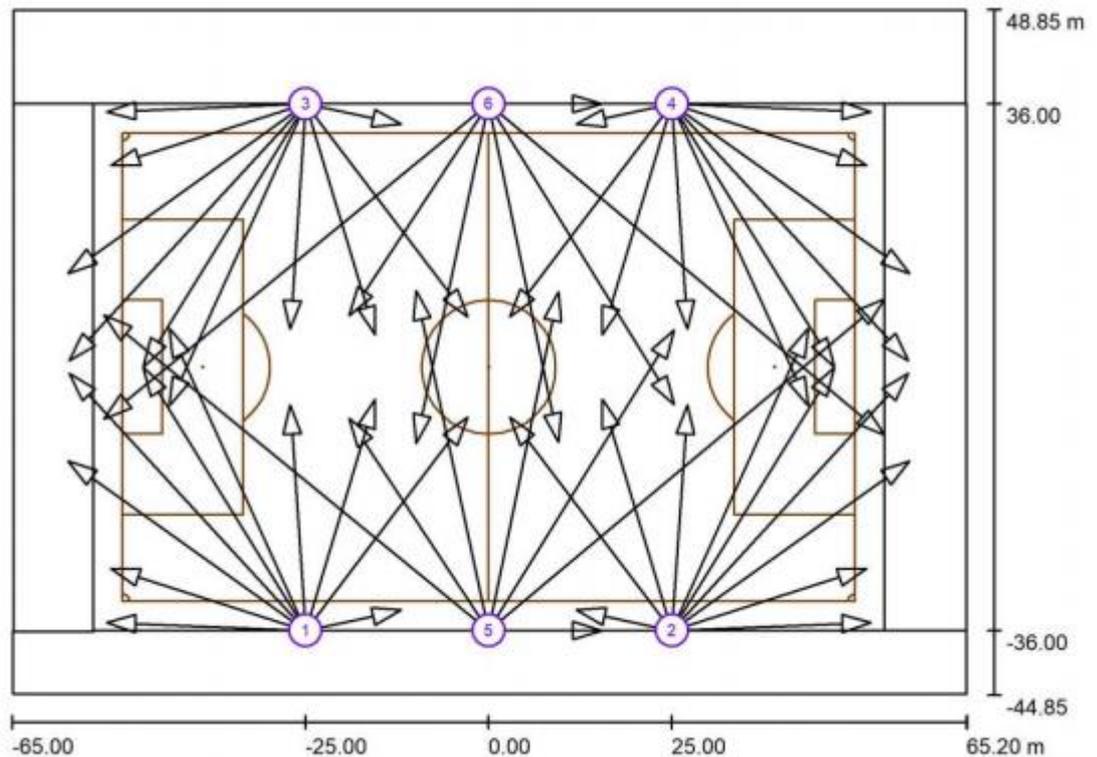


Figura 28. Direccionamiento de la luz en modelado 2D para la propuesta de halogenuros metálicos.

N. Fuente: El Autor

6.1.4 Resultados de la simulación del diseño de iluminación para la tecnología LED

Con la simulación efectuada dentro del entorno de DIALux evo® versión 4.13 y de acuerdo a la normativa FIFA internacional que se describe en la **Tabla 6**, el diseño para la propuesta LED del estadio municipal de Catacocha, expresa los siguientes resultados expuestos en la .

Tabla 25.

Tabla 25. Datos, máximos, mínimos, medios y uniformidad para la propuesta LED

Tipo de iluminación	Em[lx]	Emin[lx]	Emax[lx]	Emin/Em[lx]	Emin/Emax[lx]
Horizontal	500	348	1230	0.7	0.28

N. Fuente: El Autor

El software computarizado DIALux evo® permite observar las isóneas, graficas de valores de distribución fotométrica, gama de grises sobre el terreno de juego y colores falsos. Parámetros que son expuestos en la **Figura 29, Figura 30 y Figura 31.**

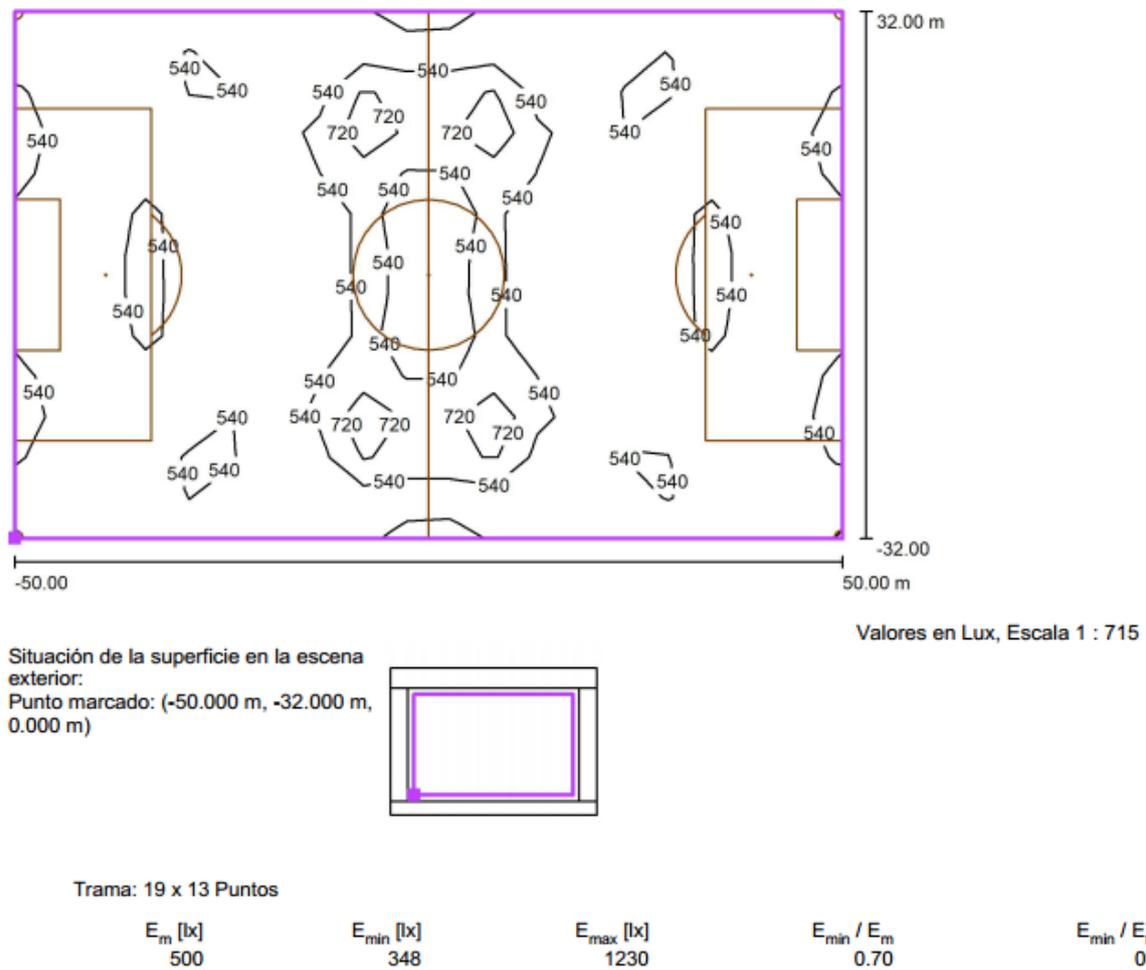
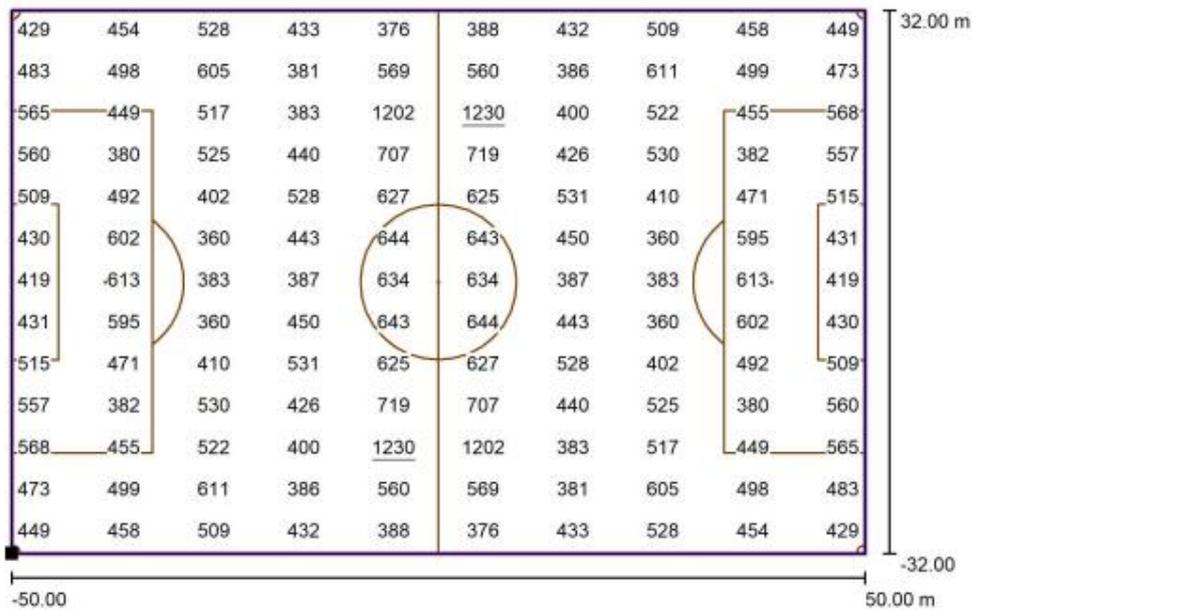


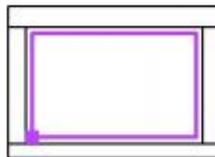
Figura 29. Isóneas (Horizontal) para el campo de juego, propuesta LED

N. Fuente: El Autor



No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
500	348	1230	0.70	0.28

Figura 30. Tabla de valores de luxes para el campo de juego propuesta LED.

N. Fuente: El Autor

Dentro de la simulación desarrollada en el entorno de DIALux evo® versión 4.13, para la propuesta de tecnología LED, se detalla con exactitud los valores de proyectores utilizados para la iluminación del estadio de Catacocha, se puede mencionar que el software propone un arreglo de 48 luminarias distribuidas en 6 torres, es decir 8 por cada poste para la línea OLYMPIC THREELINE de 1000W.



Figura 31. Renderizado estadio municipal de Catacocha con la propuesta de tecnología LED.

N. Fuente: El Autor

La representación de los colores falsos se presenta en la **Figura 32** donde se aprecia los niveles de luminosidad en las áreas de distribución de la cancha de juego, además de las áreas que se logra influir la mayor intensidad de luminosidad. El color verde representa el mayor índice de luminosidad (500 lux), el color rojo un término medio como lo demuestra la escala de colores de (70 lux) y el color azul el más bajo o casi nulo de luminosidad (30 lux).

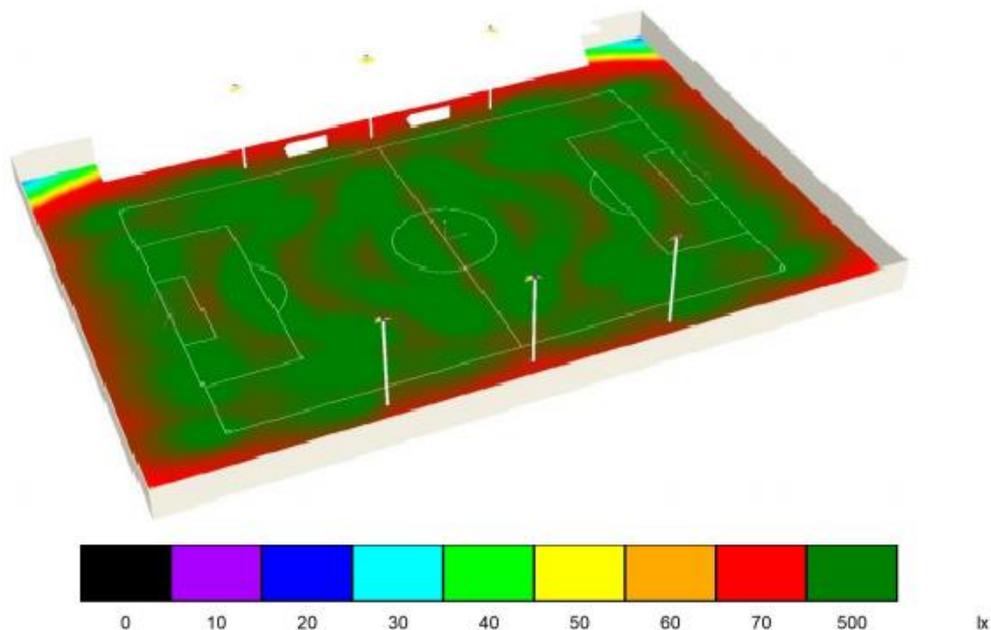


Figura 32. Iluminación del estadio municipal de Catacocha con luminarias LED, colores falsos.

N. Fuente: El Autor

Mediante la **Figura 33** se presenta la dirección de la luz con sus respectivos ángulos permitiendo así la irradiación óptima para el escenario deportivo. Cumpliendo con la normativa FIFA un correcto posicionamiento para lograr la eficiencia de luminosidad.

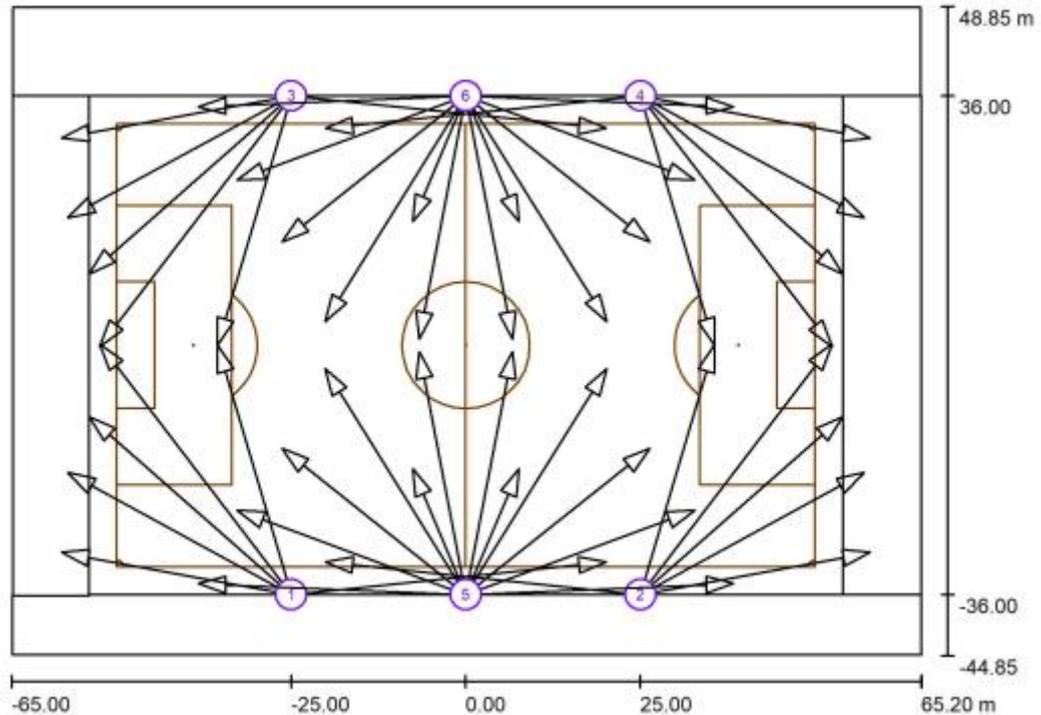


Figura 33. Direccionamiento de la luz en modelado 2D para la propuesta LED

N. Fuente: El Autor

6.1.5 Selección del sistema de torres

En la **Tabla 7** el nivel de competencia y grado según la normativa FIFA corresponde a un estadio categoría II, donde predomina el sistema de luxes, altura de poste y número de postes dentro del complejo deportivo. Los cálculos efectuados y expuestos dentro del apartado de resultados, permiten determinar que la torre seleccionada para el proyecto es de 18 m de altura, la misma que es representada en el **Anexo 3**, cabe mencionar que el modelo propuesto es basado en las diferentes formas y diseños de torres presentados en el apartado del marco teórico, siendo el modelo **travesañ tubular y pértiga** vista en la **Tabla 12**. La cual puede ser modificable en secciones de luminarias y adaptables sistemas de plataformas o jaulas de mantenimiento.

6.1.5.1 Columna

La torre es de sección tronco piramidal continua con estructura mono tubular fabricada con chapas de acero al carbono S-355-JR UNE-EN 10025 y galvanizadas en caliente según normas UNE 37501 - 37508-88 y R.D. 2531, plegadas y soldadas longitudinalmente. Fabricada en sección poligonal decreciente. En chapa de acero calidad S-355-JR, según UNE-EN 10025 con contenido máximo de fósforo y silicio de $P < 0,09$ y $Si < 0,03$ para conseguir una buena adherencia del galvanizado. (Xestal et al., 2017, p. 6)

El espesor mínimo será de 4mm en cada uno de los tramos, con un mínimo de 8 pernos de anclaje. Estará calculada para una velocidad de viento correspondiente a la zona de implantación del proyecto, incluyendo la carga autoportante y el peso de la estructura además de todos los equipos y sistema que se incrustarán en la torre de iluminación

6.1.5.2 Velocidad de viento

Para el detalle en particular de la velocidad máxima de viento presente en la localidad se determina de acuerdo a la normativa NEC-11, así como la norma internacional TIA/EIA-222-F. La **Tabla 26** representa estos valores.

Tabla 26. Valores de la velocidad de viento, satélite NASA POWER, ubicación ciudad de Catacocha

Ubicación: Latitud -4.055 Longitud -79.6468, datos mensuales periodo (2014-2020)												
Parámetros	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Wind Speed (10m)	2,08	1,82	1,71	2,33	2,5	4,07	4,41	4,09	3,03	2,32	1,96	2,03
Wind Speed (50m)	2,54	2,27	2,2	2,98	3,21	5,2	5,6	5,17	3,8	2,85	2,34	2,48

N. Fuente: (NASA, n.d.)

Para determinar la velocidad de viento comúnmente se utiliza el perfil logarítmico y exponencial que permiten determinar la variación supuesta de la velocidad del viento a una altura determinada sobre la superficie.

Para obtener la velocidad máxima o promedio a 20 m de altura, se obtiene mediante la Ecuación 20 y Ecuación 21 además se hace uso de la **Figura 34**.

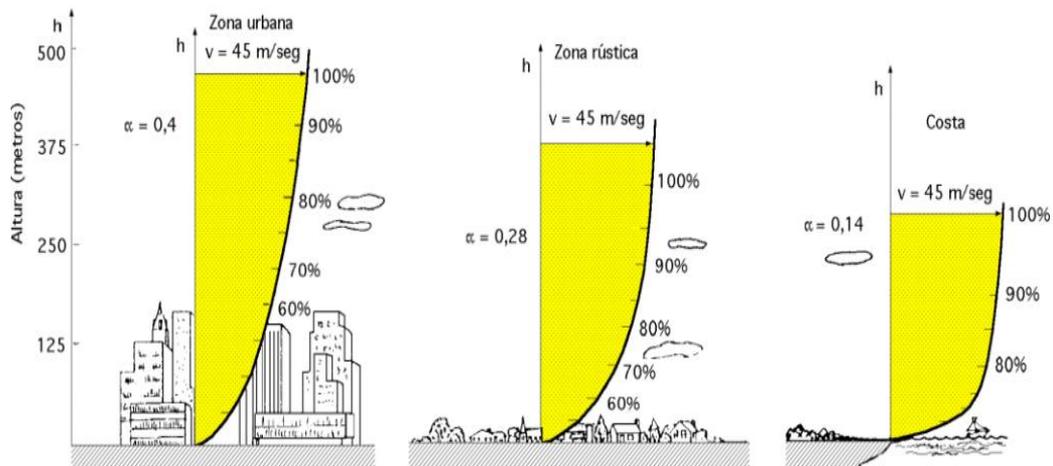


Figura 34. Perfiles de velocidades de viento según su emplazamiento

N. Fuente: (Carrillo Sisalima, 2016)

De manera general la densidad del viento se puede adaptar al valor de $1,25 \text{ Kg/m}^3$ mientras que la velocidad básica del viento como se aprecia en la **Tabla 26** es determinada mediante información satelital, en este caso se obtuvo datos del satélite de la NASA® obteniendo el valor de velocidad de viento para 10 m y 50 m de altura por lo cual se aplica el siguiente procedimiento:

$$\text{velocidad maxima } V_{max} = 5,6 \text{ m/s}$$

Donde la forma logarítmica se representa por la Ecuación 20:

$$v(z) = v(z_r) * \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_r}{z_0}\right)} \quad \text{Ecuación 20}$$

Y de la forma exponencial es representada por la Ecuación 21

$$v(z) = v(z_r) \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha \quad \text{Ecuación 21}$$

$$\text{velocidad interpolada } V_e = 4,93 \text{ m/s}$$

De la **Tabla 20** se obtiene el coeficiente de entorno C_e ; considerando que este valor será modificable a las alturas calculadas y propuestas para las cargas de viento sobre la torre. De igual forma para el valor del coeficiente de forma es obtenido de la **Tabla 21**.

Por lo tanto:

$$C_f = 0,7 \text{ Barlovento}$$

Los resultados obtenidos por la presión del viento en los distintos tramos de la torre, son representados por la Ecuación 14 y presentados en la **Tabla 27**.

Tabla 27. Resultados por las cargas de viento sobre la torre de diseño

Alturas [m]	V _{max} [m/s]	V _e [m/s]	C _e	C _f	P (N/m ²)	P (Kg/m ²)
10		4,41	1,63	0,7	13,86892631	1,414242154
12,5		4,57	1,71	0,7	15,62451581	1,593263126
15	5,6	4,71	1,79	0,7	17,37292331	1,771551736
17,5		4,83	1,88	0,7	19,18802025	1,956640801
20		4,93	1,96	0,7	20,84145175	2,125244518

N. Fuente: El Autor

Determinada las distintas presiones que actuarán sobre la superficie de la torre, se puede determinar que el diseño, altura y características de la misma será en base a las normativas del fabricante, considerando los esfuerzos admisibles y un factor de seguridad considerado para mantenimiento del equipo de iluminación.

6.1.5.3 Acceso

Según Xestal et al., (2017), “Para el acceso a la plataforma que permita la instalación y el mantenimiento de los proyectores se dispondrá de escalera de acceso, dotada de quitamiedos, según NTP 408: Escalas fijas de servicio” (p.7).

La escalera contará con las siguientes características:

- Perfil en 60x40x3 mm. Su función es de soporte para los peldaños y el conjunto de la escalera, al mismo tiempo es el de punto de unión con los perfiles soldados a la torre para sujetar la escalera.
- Peldaños de acero en tubo redondo de diámetro 20 mm. y 510 mm. de longitud. Tienen los extremos doblados para unirlos con los aros quitamiedos y las 5 pletinas longitudinales.
- Aros de pletina colocados cada 600 mm., unidos cada dos peldaños y fijados al mismo tiempo a las pletinas longitudinales mediante tornillos.
- Galvanizado en caliente para evitar la corrosión de los soportes en toda su superficie, cumpliendo las especificaciones técnicas de recubrimientos galvanizados contenidas en la norma ISO 1461:99.

6.1.5.4 Acabado

Galvanizado, mediante inmersión en baño de zinc fundido a 450 grados, con este sistema se garantiza la protección en toda la superficie de la columna. El galvanizado se realiza según las normas ISO 1461:99, con un contenido mínimo de zinc de un 98,5% y una masa de galvanizado no inferior a 520 gr/m². El aspecto superficial de recubrimiento y su adherencia cumple las normas ISO 1461:99.

6.2 Análisis técnico económico del proyecto de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha

Dentro de este apartado se detallará y realizará un análisis técnico económico para las dos propuestas y tecnologías implementadas (LED y Halogenuros metálicos) logrando obtener resultados de cuál sería el mejor sistema de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha, considerando que las dos propuestas cumplen con los requerimientos que las normativas exigen para iluminación de exteriores y escenarios deportivos.

Los valores económicos de los materiales implementados varían de acuerdo al fabricante y al tipo de tecnología, los precios presentados están establecidos en cotizaciones a nivel nacional, así como en cotizaciones de proyectos de tesis relacionados a sistema de iluminación de escenarios deportivos.

6.2.1 Análisis técnico

Para la descripción del análisis técnico se utilizan los siguientes criterios de: fotometrías, reproducción cromática, vida útil y demás características que sobresalen de cada tecnología de iluminación.

6.2.1.1 Comparación de características técnicas y fotométricas de las dos propuestas y tecnologías de iluminación.

Las tecnologías implementadas dentro del proyecto de iluminación del estadio municipal de Catacocha son: Halogenuros metálicos (HM) y LED, dentro de este apartado se realizan las debidas comparaciones de las características técnicas de estas dos tecnologías. Las tecnologías analizadas cumplen con las normativas y requisitos mínimos impuestos por la Normativa FIFA.

Tabla 28. Datos y características técnicas de halogenuros metálicos.

DESCRIPCIÓN	Luminaria Philips MVF4031xMHN SAH2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tipo de luminaria	Halogenuro metálico
Temperatura de color (K)	5 600
Grado de protección	IP 65
Voltaje de alimentación (V)	220-380-415
Frecuencia (Hz)	50 a 60
Potencia (W)	2 000
Factor de Potencia	0,9
Salida de lúmenes de la luminaria (lm)	167 986
Eficiencia luminosa (lm/W)	77,2
Vida útil (h)	>15 000
Reproducción de color (CRI)	>70
Corriente de trabajo (mA)	350-700

N. Fuente: (Mvf, 2022)

Tabla 29. Datos y características técnicas de luminaria LED.

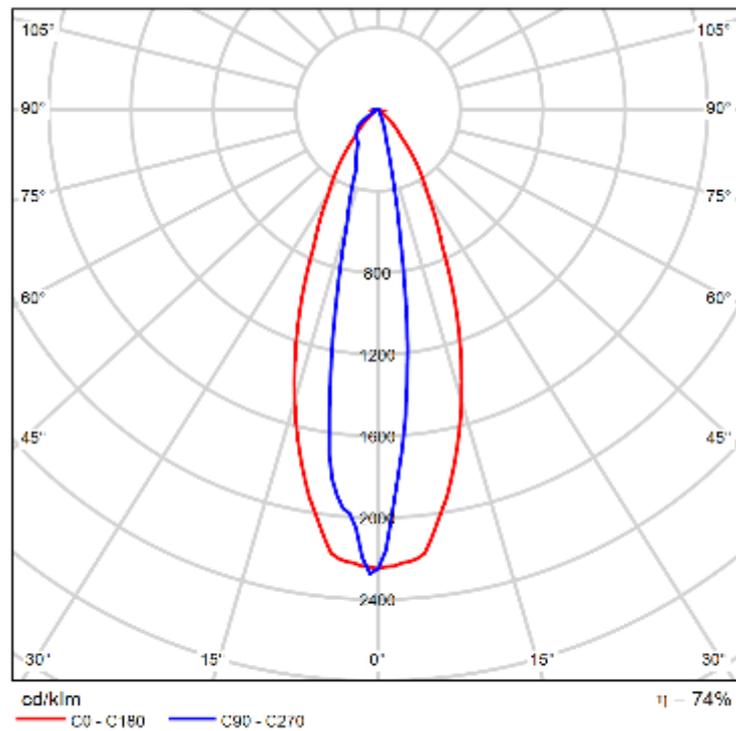
DESCRIPCIÓN	Luminaria OLYMPIC THREELINE 1 000W
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tipo de luminaria	LED
Temperatura de color (K)	5 700
Grado de protección	IP 66
Voltaje de alimentación (V)	110-120
Frecuencia (Hz)	50 a 60
Potencia (W)	1 000
Factor de Potencia	>0,95
Salida de lúmenes de la luminaria (lm)	150 000-170 000
Eficiencia luminosa (lm/W)	150
Vida útil (h)	50 000(L80:B10)
Reproducción de color (CRI)	>80
Corriente de trabajo (A)	4,81

N. Fuente: (Técnica & Del, n.d.)

Realizando un análisis de las distintas características presentadas en la **Tabla 28** y **Tabla 29** se puede deducir que cumplen los requisitos establecidos por la normativa FIFA, es decir un índice de reproducción mayor o igual a CRI70, y una temperatura de color entre TCC 5 000-6 200 K. Además, se difiere que las luminarias LED son las mejores, debido a su vida útil; a los ahorros o presupuestos económicos que presentan durante su funcionamiento, sistemas de mantenimiento y como punto fundamental el grado de protección IP que estas dos clases de tecnologías presentan. Los LED al presentar un notable sistema de protección ante la intemperie les facilita ser la mejor opción en cuanto a iluminación de exteriores, detallando así su eficiencia luminosa frente a la clase de halogenuros metálicos.

6.2.1.2 Dispersión fotométrica

En la **Figura 35** y **Figura 36** se representa los diferentes esquemas fotométricos para las luminarias de Halogenuros metálicos y LED respectivamente.



CDL polar

Figura 35. Esquema Fotométrico, luminaria de Halogenuros metálicos.

N. Fuente: (Mvf, 2022)

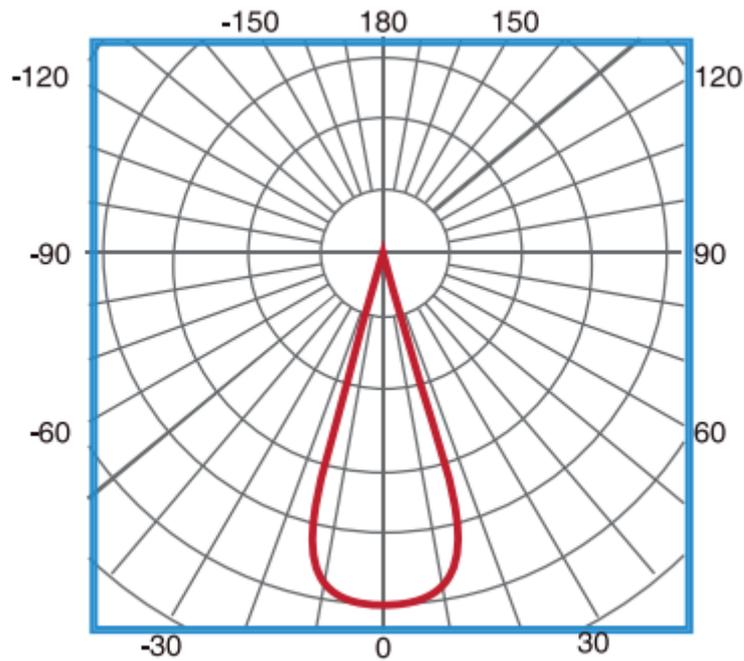


Figura 36. Esquema Fotométrico, luminaria LED

N. Fuente: (Técnica & Del, n.d.)

Realizando un análisis a las distintas fotometrías de las dos luminarias se identifica que la tecnología LED es mejor por la apertura del ángulo del haz de luz (mucho mayor), pero si se fija en la distribución fotométría la tecnología de halogenuros metálicos está enfocada de manera verticalmente hacia las instalaciones deportivas (cancha de juego), lo cual le permitirá una distancia mayor de proyección a comparación de la tecnología LED la cual su distribución la hace de manera horizontal dando así una menor distancia de proyección.

6.2.1.3 Cálculo de la Vida útil de las 2 tecnologías aplicadas al proyecto.

Tabla 30. Comparación de vida útil entre las dos tecnologías del proyecto

TIPO DE LUMINARIA	Vida útil (horas)
Halogenuros metálicos	15 000
LED	50 000

N. Fuente: El Autor

Para poder determinar cada que tiempo o periodo se realiza el mantenimiento de los equipos instalados, la vida útil se expresa en años para cada sistema. Teniendo en cuenta que se utilizaran las luminarias en un periodo de 5 horas los 7 días a la semana. Se obtienen los siguientes criterios:

- *Cálculo de vida útil para la tecnología de halogenuros metálicos.*

$$\frac{15\ 000}{365 * 5} = \frac{15\ 000}{1\ 825} = 8,21 \text{ años}$$

- *Cálculo de vida útil para la tecnología LED.*

$$\frac{50\ 000}{365 * 5} = \frac{50\ 000}{1\ 825} = 27,39 \text{ años}$$

Se puede concluir que la vida útil de las luminarias LED son tres veces mayor; es decir son 19 años más de vida útil y funcionamiento en comparación con la tecnología de halogenuros metálicos, para la iluminación del estadio Municipal de Catacocha.

6.2.1.4 Factor de conservación

Como se observa en la **Tabla 31**, **Tabla 32** y **Tabla 33** un sistema de iluminación siempre debe tener en cuenta la depreciación luminosa, causada por el envejecimiento de la lámpara, la luminaria, y a la pérdida de luz, por la suciedad que se va depositando sobre ambos elementos. El factor de conservación puede considerarse como el producto de tres factores: depreciación del flujo luminoso, supervivencia de la lámpara y depreciación de la luminaria visto en la Ecuación 19.

$$fm = FDFL * FSL * FDLU \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

FDFL = Factor de depreciación del flujo de la lámpara

FSL = Factor de supervivencia de la lámpara

FDLU = Factor de depreciación de la luminaria

Tabla 31. Factor de depreciación de la lámpara

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4 000 h	6 000 h	8 000 h	10 000 h	12 000 h
Sodio de alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio de baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifosforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halo fosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

Tabla 32. Factor de supervivencia de la lámpara

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4 000 h	6 000 h	8 000 h	10 000 h	12 000 h
Sodio de alta presión	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Sodio de baja presión	0,92	0,86	0,80	0,74	0,62
Halogenuros metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de mercurio	0,93	0,91	0,87	0,82	0,76
Fluorescente tubular Trifosforo	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
Fluorescente tubular Halo fosfato	0,99	0,98	0,93	0,86	0,70
Fluorescente compacta	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50

Tabla 33. Factor de depreciación de la luminaria.

Grado de protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

N. Fuente: (León Lojano & Orellana Lojano, 2014)

El factor de conservación, considera las horas de funcionamiento y tasa de tiempo (años) que la luminaria funciona. El aporte significativo es para la luminaria de halogenuros metálicos la cual denota su depreciación (lámpara, luminaria) y su supervivencia en el entorno instalado. Cabe mencionar que para la tecnología LED la corporación (*LED & Maintenance Factors LED & Maintenance Factors*, 2018) expresa mediante la **Figura 37** los valores de mantenimiento y depreciación de la tecnología es en función de sus horas de uso.

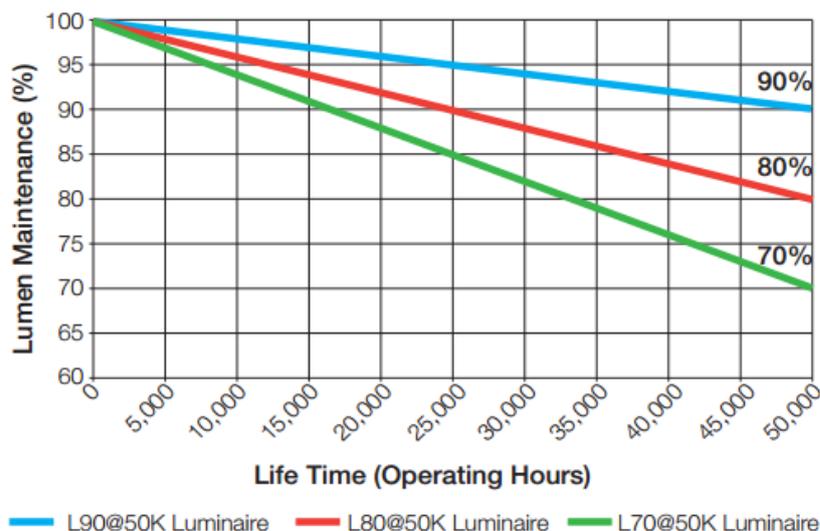


Figura 37. Depreciación de la Tecnología LED

N. Fuente: (LED & Maintenance Factors LED & Maintenance Factors, 2018)

6.2.1.5 Consumo energético para las 2 clases de tecnologías aplicadas al proyecto por horas de funcionamiento.

Dentro del análisis técnico y de acuerdo a (ARCONEL, 2019, p. 20) el sistema tarifario para voltajes de 1-300 V el consumo eléctrico va de valores entre los 0,082 y 0,093 (USD/kWh)

Por lo cual mediante la **Tabla 34** se expresa el consumo que estas dos tecnologías implementan por sus horas de funcionamiento al día. Cabe mencionar que la tabulación se basa en el número totales de luminarias aplicadas y al sistema de potencia que estas consumen.

Tabla 34. Costo de energía consumida diaria para luminarias LED y Halogenuros Metálicos.

Descripción	Horas de funcionamiento al día (h)	Consumo diario (kW/h)	Costo (kW/h) USD	Costo de la energía consumida (Diario) (kW/h) USD
Tecnología de Halogenuros metálicos	1	108	0,093	10,044
	2	216	0,093	20,088
	3	324	0,093	30,132
	4	432	0,093	40,176
	5	540	0,093	50,22
Tecnología LED	1	48	0,093	4,464
	2	96	0,093	8,928
	3	144	0,093	13,392
	4	192	0,093	17,856
	5	240	0,093	22,32

N. Fuente: El Autor

En la **Figura 38** y **Figura 39** mediante su representación gráfica se puede observar los distintos niveles de consumo en (kW/h) para 54 luminarias de halogenuros metálicos frente a un consumo de 48 luminarias LED, además el sistema monetario (kW/h) (USD) consumida por las dos tecnologías en 5 horas diarias de funcionamiento. El sistema gráfico proporciona una diferencia notable en ahorro energético y económico por hora de funcionamiento que mantendría el sistema de iluminación para el estadio municipal de Catacocha.

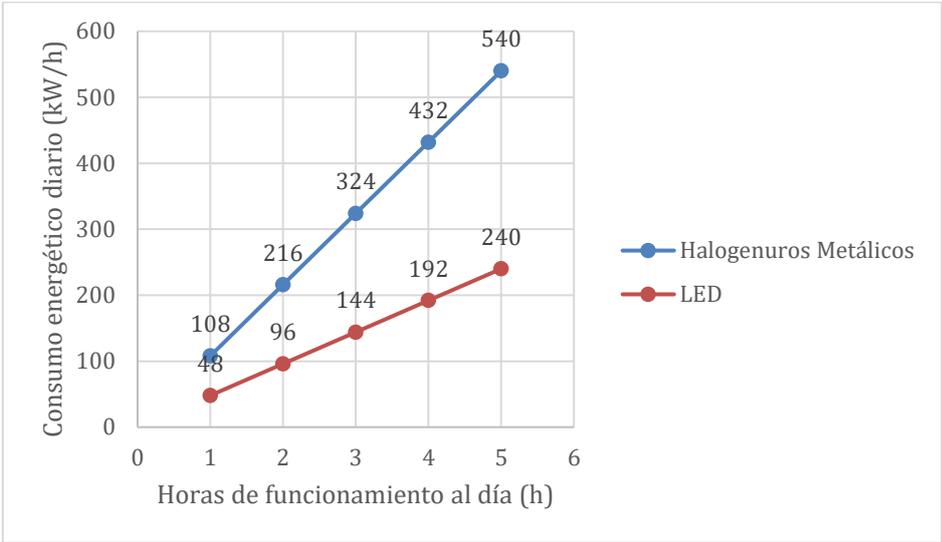


Figura 38. Consumo energético diario (kW/h) para el sistema de iluminación del estadio de Catacocha, tecnologías LED y Halogenuros Metálicos.

N. Fuente: El Autor

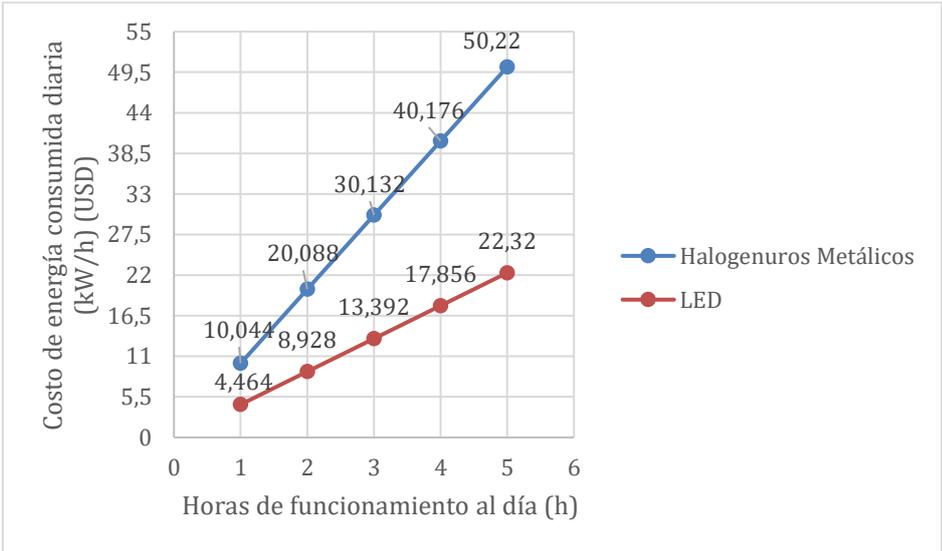


Figura 39. Costo energético diario (kW/h) (USD) para iluminación del estadio de Catacocha con tecnología LED y Halogenuros Metálicos.

N. Fuente: El Autor

6.2.2 Análisis económico

Dentro de este apartado se expresan valores económicos referente a la implantación del proyecto de iluminación basados en las disposiciones del mercado actual y de distintas casas comerciales, con la finalidad de comparar entre costos de luminarias, mantenimiento y consumo eléctrico.

6.2.2.1 Costos monetarios de los sistemas evaluados

Dentro de las siguientes tablas se expresan los valores económicos y el costo para cada una de las tecnologías aplicadas al desarrollo del proyecto.

Tabla 35. Costo total de la propuesta de halogenuros metálicos.

COSTO DEL PROYECTO DE ILUMINACIÓN TECNOLOGÍA DE HALOGENUROS METÁLICOS (USD)	
A Materiales	106 298,16
B Instalación	4 410
COSTOS DIRECTOS TOTALES	110 708,16
C Administración del 5%	553,5408
COSTO TOTAL	111 261,7008

N. Fuente: El Autor

Tabla 36. Costo total de la propuesta LED.

COSTO DEL PROYECTO DE ILUMINACIÓN TECNOLOGÍA LED (USD)	
A Materiales	97 401,12
B Instalación	4 020
COSTOS DIRECTOS TOTALES	101 421,12
C Administración del 5%	507,1056
COSTO TOTAL	101 928,2256

N. Fuente: El Autor

Nota: Los valores económicos de cada material e instalación de las propuestas del proyecto se encuentran detallados en el Anexo 5

6.2.2.2 Costo del consumo eléctrico de las 2 tecnologías aplicadas al proyecto

“Según el pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificada en Ecuador y de acuerdo a voltajes 1 a 300 V o superiores el costo de consumo eléctrico esta entre los valores de 0,082 y 0,093 (USD/kWh)”(ARCONEL, 2019, p. 20). Por lo cual mediante tabulaciones demostradas en el Anexo 5 se procedió a realizar los cálculos pertinentes para los costos anuales del consumo energético para cada tecnología aplicada al desarrollo de proyecto.

Tabla 37. Costo del consumo eléctrico para la propuesta de halogenuros metálicos

DESCRIPCIÓN	Cantidad de Proyectors	Potencia total de los proyectores (W)	Costo (kW/h) USD	Horas anuales (h)	Costo de energía consumida (ANUAL) (kW/h) USD
Halogenuros metálicos	54	108 000	0,093	1 680	1 6873,92

N. Fuente: El Autor

DESCRIPCIÓN	Cantidad de Proyectors	Potencia total de los proyectores (W)	Costo (kW/h) USD	Horas anuales (h)	Costo de energía consumida (ANUAL) (kW/h) USD
LED	48	48 000	0,093	1 680	7 499,52

N. Fuente: El Autor

6.2.2.3 Costo de mantenimiento y operación para las 2 tecnologías

El sistema de mantenimiento y operación de las dos tecnologías aplicadas al proyecto de iluminación para el estadio de Catacocha, debe considerar el tiempo de uso, la calidad del producto instalado y la cantidad de energía consumida por la luminaria. Además, según (González, 2019) haciendo referencia a IMECORSA® S.A. el precio para el mantenimiento preventivo que requiere el sistema de iluminación por cada luminaria al menos durante un año, radica en un precio de 31,53 USD. Para poder determinar esta operación se deberá tener en cuenta el grado de depreciación que sufrirá el equipo y así poder determinar el costo total de este apartado. El proceso se encuentra detallado en el **Anexo 5** y expresado en la **Tabla 38**.

Tabla 38. Costo de mantenimiento y operación

DESCRIPCIÓN	PROPUESTA LED [USD]	PROPUESTA HALOGENUROS METÁLICOS [USD]
Costo de energía anual	7 499,52	16 873,92
Depreciación del equipo	3 483,794	12 753,734
Mantenimiento anual	1 513,44	1 702,62
TOTAL MANTENIMIENTO (ANUAL)	12 496,754	31 330,274

N. Fuente: El Autor

6.2.2.4 Depreciación de las 2 tecnologías de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha.

Un componente importante es el costo de la depreciación del equipo, los sistemas de iluminación de los estadios son costosos de comprar y aún más de reemplazar, es por ello que se debe asignar una cantidad para la depreciación que estos equipos tendrían cada año ya sea de los ingresos brutos de la empresa; en este caso el Municipio local o por un periodo fijo de tiempo de uso (años).

Básicamente para el alumbrado de escenarios deportivos se tendrá en cuenta la depreciación luminosa, causada por el envejecimiento de las lámparas, así como de sus luminarias, a la pérdida de luz y a la suciedad del entorno en la cual se implantará el proyecto.

Según León Lojano & Orellana Lojano (2014, p. 69) los valores de depreciación expuestos en la **Tabla 39** hacen referencia al sistema de horas de funcionamiento; donde el dispositivo gradualmente se devalúa por su uso. Además, se toma en cuenta los valores de depreciación por equipo expuestos en la **Tabla 31** y en la **Figura 37**. Depreciación de la Tecnología LED

Tabla 39. Valores económicos de la depreciación de la tecnología de halogenuros metálicos durante su vida útil

Tipo de Lámpara	Periodo de funcionamiento en horas					
	4 000h	6 000h	8 000h	10 000h	12 000h	15 000h
Halogenuros metálicos	DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO					
	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73	0,7
VALORES ECONÓMICOS DE LA DEPRECIACIÓN DE LA TECNOLOGÍA APLICADA [USD]						
Costo de la energía consumida (Anual) (kW/h) USD	4 0176	60 264	8 0352	10 0440	12 0528	15 0660
Depreciación de todos los equipos para 9 años con 15 000 h de funcionamiento [USD]	10 458,062	9 947,913	9 692,838	9 692,838	9 310,226	8 927,614
Depreciación de un solo equipo [USD]	193,668	184,221	179,497	179,497	172,412	165,326

N. Fuente: El Autor

Los valores obtenidos de la **Tabla 39** detallan el valor económico y porcentual de como la tecnología de halogenuros metálicos se devalúa cada año en función de su límite máximo de horas, este sistema es evaluado para las (54 luminarias) y de manera individual para (un solo equipo), obteniendo los valores antes presentados. Los detalles de la tabla son expuestos en el **Anexo 5**.

Los fabricantes de LED prueban la tasa de depreciación de sus LED durante un período mínimo de 6 000 horas. Las medidas son tomadas cada 1 000 horas y de estos una tasa de depreciación está establecido. A partir de esto se puede hacer una extrapolación en cuanto a la producción probable durante períodos más largos. La tarifa más común para la comparación es de 50 000 horas. Según (*LED & Maintenance Factors LED & Maintenance Factors*, 2018, p. 2) los valores expresados en la **Tabla 40** hacen referencia al sistema de depreciación de las luminarias LED.

Tabla 40. Valores económicos de la depreciación de la tecnología LED durante su vida útil

Periodo de funcionamiento en horas										
Tipo de Lámpara	5 000 h	10 000h	15 000h	20 000 h	25 000h	30 000 h	35 000 h	40 000 h	45 000 h	50 000h
	Depreciación del Equipo									
LED	0,975	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,7
VALORES ECONÓMICOS DE LA DEPRECIACIÓN DE LA TECNOLOGÍA APLICADA [USD]										
Costo de la energía consumida (Anual) (kW/h) USD	22 320	44 640	66 960	89 280	11 1600	133 920	156 240	178 560	200 880	223 200
Depreciación de todos los equipos para 9 años con 15 000 h de funcionamiento [USD]	3 396,699	3 274,766	3 170,253	3 065,739	2 961,225	2 856,711	2 752,197	2 647,683	2 543,170	2 438,656
Depreciación de un solo equipo [USD]	70,765	68,224	66,047	63,870	61,692	59,515	57,337	55,160	52,983	50,805

N. Fuente: El Autor

7 Discusión

El desarrollo del proyecto de iluminación deportiva para el estadio Municipal de Catacocha busca cumplir la normativa internacional FIFA, normativa que rige al deporte del fútbol, entidad que determina los niveles mínimos y requerimientos para que dichos escenarios sean óptimos en funcionamiento, tales como niveles de iluminación horizontal, coeficientes de uniformidad e índice de deslumbramiento (UGR).

Las tecnologías para iluminación del escenario deportivo de Catacocha fueron seleccionadas considerando las normas y características que rigen al deporte del fútbol dentro del país; para el desarrollo del proyecto se selecciona la tecnología LED y la tecnología de halogenuros metálicos.

La clasificación, disposición de torres y nivel adecuado de iluminación (min o max) para este tipo de escenarios deportivos se lo determino con la normativa FIFA, la cual expresa un nivel de 500 lux para la iluminación horizontal, una uniformidad $\geq 0,6$, un índice de reproducción cromática CRI70, y una temperatura de color correlacionada TCC 4 200-6 200 K para una clasificación de Grado II. Además, para poder determinar el número exacto de luminarias se emplea el Software DIALux evo® versión 4.13 el cual permite comprobar los cálculos analíticos desarrollados.

El análisis económico para el proyecto de iluminación del estadio Municipal de Catacocha contrasta la implementación de 54 luminarias para la tecnología de halogenuros metálicos con una potencia de 108 000W y una inversión económica de 111 261,70\$, así como de 48 luminarias pertenecientes a la tecnología LED con una potencia de 48 000W y una inversión de 101 928,22\$; resultados disímiles a los reportados por (Revilla, 2021) donde implementa 58 luminarias tipo Halogenuros metálicos con una potencia de 87 000W y un valor económico de 61 249,69\$, además de 40 lámparas tipo LED con una potencia de 42 640W y un valor económico de 154 085,35\$ para el sistema de iluminación del estadio Valeriano de Cuenca; (González, 2019) presenta 294 luminarias LED con una potencia instalada de 152 880W con un precio monetario de 850 883,25\$ y 160 luminarias de halogenuros metálicos con una potencia instalada de 320 000W y un rubro económico de 263 168,56\$ para iluminación del estadio de la Universidad Nacional de Loja. Esto demuestra que la implementación de estas tecnologías para iluminación de escenarios deportivos depende del nivel de

potencia de la luminaria, del valor económica del proyector, consideración del número exacto de dispositivos a instalar y el sistema de eficiencia luminosa (lm/W) que cada tecnología implementa.

8 Conclusiones

- Las tecnologías LED y Halogenuros Metálicos analizadas, comparten las siguientes características fotométricas: distribución de luz y ángulo de haz. Donde la tecnología LED se diferencia de la de Halogenuros Metálicos por: presentar un mayor índice de reproducción cromática (CRI), una mayor eficiencia energética, mayor tiempo de vida útil, un mejor control de intensidad y un encendido instantáneo. Se puede identificar que la tecnología LED es la que actualmente se utiliza mayoritariamente en todos los proyectos de iluminación.
- De las simulaciones efectuadas para el diseño de iluminación, se puede determinar que la tecnología LED presenta los siguientes valores: iluminación media horizontal $E_m = 500$ lux; una uniformidad $E_{min}/E_m = 0.70$ y un índice de deslumbramiento ≤ 50 , con un arreglo de 6 torres con 48 luminarias de la línea OLYMPIC THREELINE de 1 000W, la tecnología de Halogenuros Metálicos presenta: iluminación media horizontal $E_m = 563$ lux; una uniformidad $E_{min}/E_m = 0.70$ y un deslumbramiento ≤ 50 , con un arreglo de 6 torres con 54 luminarias de la línea Philips MVF4031xMHN SAH 2175W/400V/956 A6 +ZVF403 GS. Ambas tecnologías logran cumplir con las normativas expuestas por la FIFA.
- Para el presente estudio, se efectúa un análisis económico considerando el uso de una tecnología contrastada con la otra; identificándose que, si se utiliza la tecnología LED con 50 000 horas de vida útil, el costo por hora de funcionamiento de esta tecnología es de 4,47 USD. En comparación con la tecnología de Halogenuros Metálicos que es de 10,02 USD para 15 000 horas de funcionamiento. Además, el nivel de depreciación que estas luminarias presentan es en base al 12 % equivalente a 606,39 USD por equipo LED y un 22 % equivalente a 1 074, 62 USD por equipo de Halogenuro Metálico durante un año de funcionamiento. Identificándose que es más rentable la Tecnología LED de la línea OLYMPIC THREELINE de 1 000W para el proyecto de iluminación.

9 Recomendaciones

- Para efectuar un proyecto lumínico de un escenario deportivo se recomienda identificar qué Clase de escenario se va a diseñar y de acuerdo a la tecnología presente en la localidad, seleccionar la más adecuada en términos de vida útil, curvas fotométricas, factor de potencia e índice de reproducción cromática (CRI) y la disponibilidad que éste presente en el mercado.
- Se recomienda que, para seleccionar un modelo de torre adecuado, dentro de un escenario deportivo, ésta deberá cumplir las normativas y requisitos que demande el proyecto, además se deberán considerar el tipo de tecnología, altura de montaje, distribución de la luz, control de iluminación, resistencia y durabilidad, normativas, costos totales de propiedad y sistemas de mantenimiento. requisitos específicos que, proporcionan una iluminación eficiente, de alta calidad y adecuada para eventos de nivel competitivo.
- Considerar el ángulo de orientación de las luminarias para garantizar que el sistema de iluminación cumpla los requisitos normados.

10 Bibliografía

- Alibaba. (n.d.). <https://m.alibaba.com/product/60786225598/PHILIPS-FLOOD-LIGHT-ArenaVision-MVF403-MHN.html>
- Alumbrado LED. (n.d.). <https://www.alumbradoled.es/proyector-olympic-de-alta-potencia-1000w-de-threeline>
- ARCONEL. (2019). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificado, periodo: enero – diciembre 2019. 19.*
- Assaf, L. (2006). Equipos Auxiliares de Fuentes de Iluminación. *Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente.*
- Balaguer, E. B. (n.d.). *Contenido* : 1–30.
- BoscoJulia. (2019). *Depreciación de lumenes simplificada.* Diciembre. [https://blog.lightup.com/lumen-depreciation-simplified/#:~:text=Over time%2C the quantity of,the LED's inital lumen output.](https://blog.lightup.com/lumen-depreciation-simplified/#:~:text=Over%20time%2C%20the%20quantity%20of%2C%20the%20LED%27s%20initial%20lumen%20output.)
- Carrillo Sisalima, H. M. (2016). Universidad Nacional De Loja Autor. *Universidad Nacional De Loja.* [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13867/1/ALEXANDRA NATHALY MINGA CUEVA.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13867/1/ALEXANDRA%20NATHALY%20MINGA%20CUEVA.pdf)
- Cedeño, F. S. M. (2018). *Título: Estudio luminotécnico e instalaciones eléctricas para iluminación del estadio de fútbol Miguel Zambrano del Cantón Tosagua.* Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Donell, B. M. O., Sandoval, J. D., & Paukste, F. (2002). Fuentes Luminosas. *Iluminacion Eficiente*, 1–68.
- Electricity, S., & In, S. (2007). Power & Light. *System*, 2022(september), 50–54.
- Filochowski, K. (2020). *FIFA Lighting Guide Standards, requirements and guidance for pitch illuminance systems at FIFA tournament stadiums and training sites.*
- Fireflifer. (2021). *Lighting Catalog(Spring Edition).* <https://industrialesled.com/iluminacion-led-vs-halogenuros-metalicos/>
- Gómez, E. (2006). Guía básica de conceptos de radiometría y fotometría. *Campos Electromagnéticos - Óptica, 1*, 1–41. <http://laplace.us.es/campos/optica/opt-guia2.pdf>
- González, B. R. (2019). *Diseño lumínico para el estadio de la universidad nacional de loja.*
- LED & Maintenance Factors LED & Maintenance Factors.* (2018).
- León Lojano, L. M., & Orellana Lojano, F. R. (2014). *Mejoramiento Del Sistema Del Alumbrado Público De Una Arteria De Circulación Vehicular De La Ciudad De Cuenca, Mediante La Sustitución Por Tecnologia Led (Light Emitting Diode).* 113.

- <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>
- Melendez, T. (2002). *Tema* 28.- *FOTOMETRÍA*. 28.
http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13761/1/28_FOTOMETRIA_BIB.pdf
- Mvf, A. (2022). *Lighting eficacia óptica excepcional*.
- NASA, P. (n.d.). *Datos Meteorológicos*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nombre, G., Tesys, C., Bloque, G., Gv, L. E., Gv, M. E., Gv, R. T., Conexi, N. O., & Gb, D. (2014). *Ficha de producto*. 1–2.
- Notes, C. N., & Use, I. (n.d.). *TSP. Halogenuros metálicos*. 2, 2–3.
- Obse, L. A. S. (2009). *español la*.
- Orejón-Sánchez, R. D., Hermoso-Orzáez, M. J., & Gago-Calderón, A. (2020). LED lighting installations in professional stadiums: Energy efficiency, visual comfort, and requirements of 4K TV broadcast. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18).
<https://doi.org/10.3390/su12187684>
- Pérez Quispe, E. (2016). Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv*, 358.
- Philips-Lighting. (2016). *Enjoy the flexibility , love your sport: The right lighting for your sports facility*. 1–80. www.lighting.philips.com
- Polycarpou, A., Yiannou, I., & Christofides, N. (2016). Comparison of MH and LED performance for sport lighting application. *IET Conference Publications, 2016(CP711)*.
<https://doi.org/10.1049/cp.2016.1010>
- Poma, A. (2007). Universidad Mayor De San Andres. *Sistema Web de Digitalizacion de Libro de Acta de Notas*, 111. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9903>
- QC *Construcciones*. (n.d.).
http://www.cqconstrucciones.com/estructuras_metalicas.htm?&IdPg=49348
- Revilla, B. M. (2021). *Diseño de un sistema de iluminación para el estadio Valeriano Gavinnelli Bovio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca utilizando tecnología LED y sistemas fotovoltaicos*.
- SA., C. (2019). *Fotometría*. <https://www.celerlight.com/la-fotometria-la-herramienta-indispensable-para-el-estudio-de-una-iluminacion-profesional/>
- Técnica, F., & Del, D. (n.d.). *ALTA EFICIENCIA 150 lm/W 5*.
- Vahid Haddadi, V. K. (2012). *Una introducción a la aplicación de la tecnología en polímeros*.
- Venues, P. A. (2018). *Solutions for Amateur and Professional Athletic Venues*.
- Xestal, F. D. E. O., Fiz, S. A. N., Monfero, C. D. E., Informe, S., Con, A. M., Putación, D. D. E., & Cesar, J. (2017). *EMITIDO POLO SERVICIO DE APOIO CESAR CALDERON*

Contenido : I-MEMORIA. 2017.

11 Anexos.

Anexo 1. Ficha de producto, THREELINE OLYMPIC OLP1000W

OLYMPIC OLP1000W

Proyector de alta potencia de
1000W OLYMPIC



Ángulo de apertura 15°

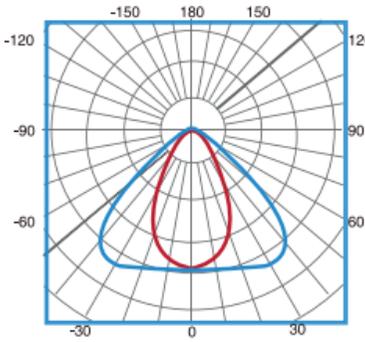
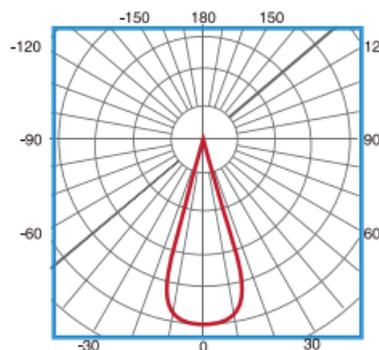
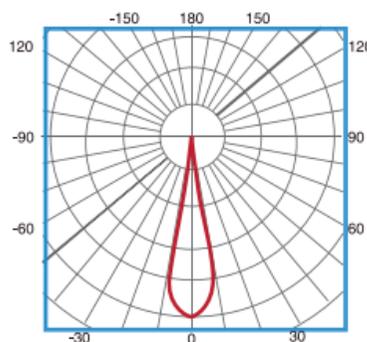
H (m)	Diámetro (m)	E _{max} (lx)
2	0,53	236342
4	1,07	59085
6	1,60	26260
8	2,13	14771
10	2,66	9454

Ángulo de apertura 30°

H (m)	Diámetro (m)	E _{max} (lx)
2	1,07	108063
4	2,13	27016
6	3,20	12007
8	4,27	6754
10	5,33	4323

Ángulo de apertura 60x100°

H (m)	Diámetro (m)	E _{max} (lx)
2	0,23	24986
4	0,47	6246
6	0,70	2776
8	0,94	1562
10	1,17	1000



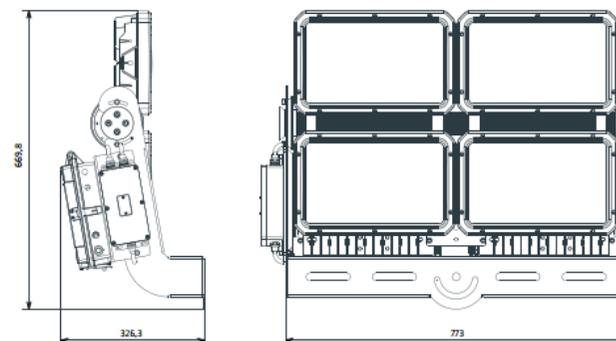
Datos fotométricos

Eficiencia luminosa	150 lm/W
CRI (Ra)	>80
Flujo luminoso (Nominal / Real) CCT	170000lm · 150000lm · 5700K · BF 170000lm · 150000lm · 4000K · BN
Intensidad luminosa	945366 cd
SDCM Desviación estándar ajuste de color	<3
Grado de apertura	15°/30°/60x100°
Temp. Trabajo	-40°C ~ +50°C
N° conmutaciones	30.000
Certificaciones	CE, RoHS, CB
Eficiencia Energética	A+
Vida útil	50.000h (L80-B10)

Características

Grado IP	IP66
Grado IK	IK09

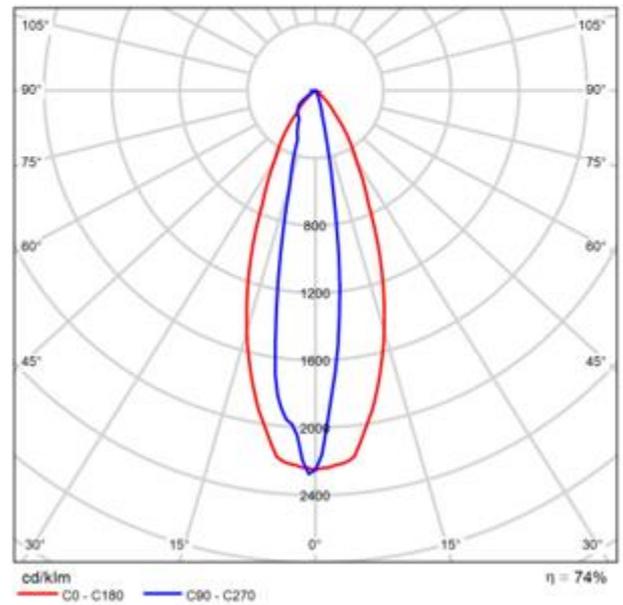
Medidas en mm



Anexo 2. Ficha de producto, Philips - MVF403 1xMHN-SAH2175W/400V/956 A6
+ZVF403 GS

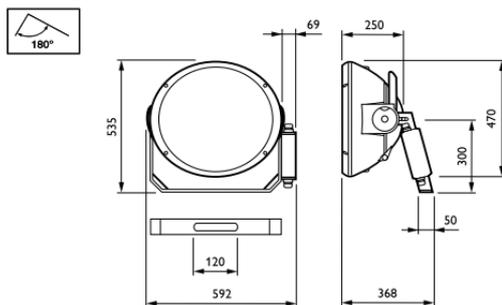


P	2175.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	226000 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	167986 lm
η	74.33 %
Rendimiento lumínico	77.2 lm/W
CCT	5600 K
CRI	90



CDL polar

Plano de dimensiones

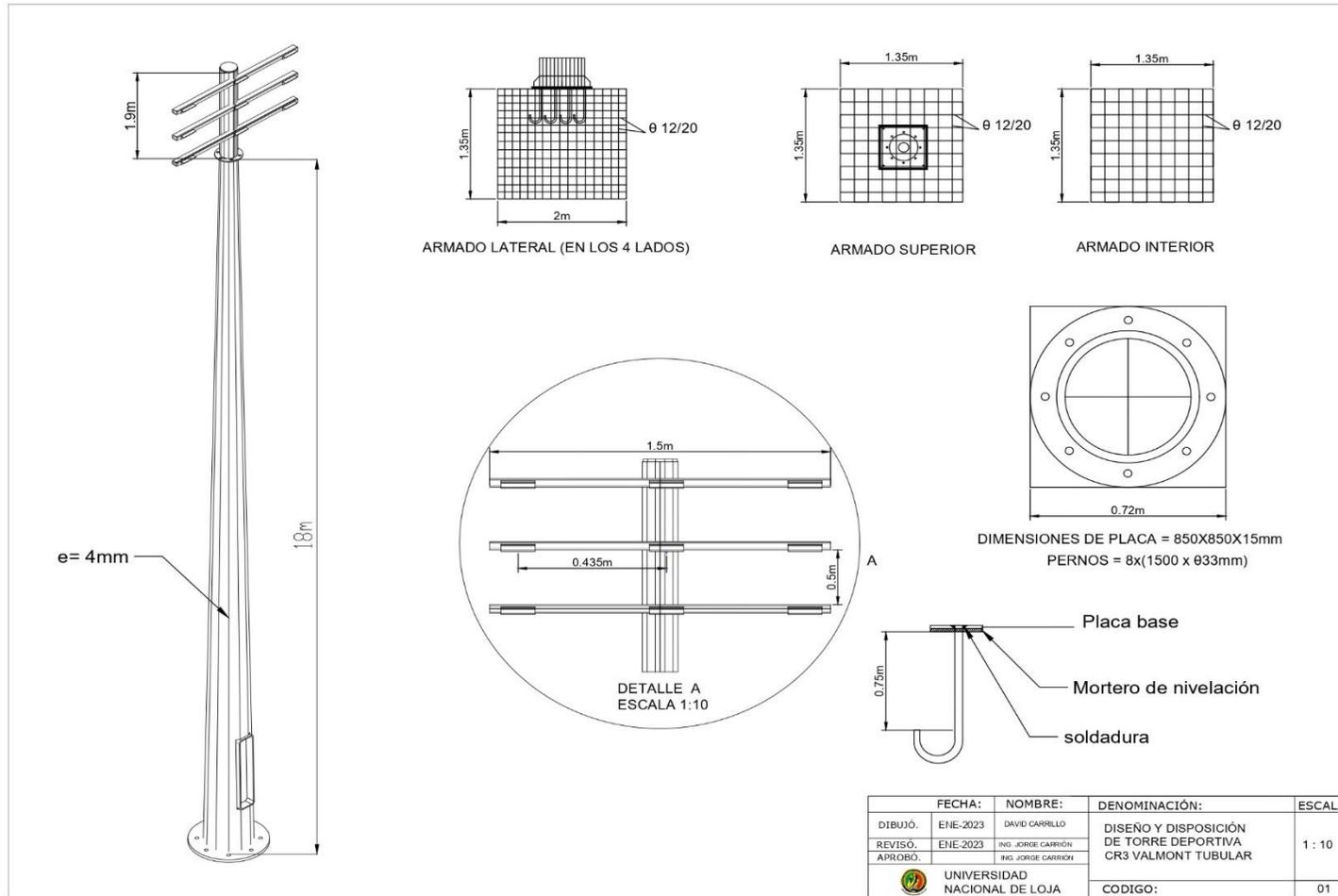


MVF403 MHN-SA2000W/956 A6 SI AM

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]

Anexo 3. Diseño de torre, escogido y diseñado para iluminación deportiva



Anexo 4. Petición al GAD Cantonal para datos topográficos y medidas reales del estadio Municipal de Catacocha.



Catacocha 16 de noviembre de 2022

Sñr.

Yennifer López Córdova

ALCALDESA DEL CANTÓN PALTAS.

Ciudad. -

De mi consideración:

Yo, David Joel Carrillo Sisalima, portador de la cedula de ciudadanía N.º 1150606703, Estudiante de la Universidad Nacional de Loja, referente de la Facultad de la Energía y Recursos Naturales no Renovables en la carrera de Ingeniería Electromecánica, hago llegar a su digna persona un saludo cordial y efusivo, deseándole a su vez el mejor de los éxitos en las funciones a usted encomendadas que van en beneficio y desarrollo del Cantón Paltas.

El motivo del presente es para solicitarle información topográfica, medidas del área de construcción (cancha y graderíos), planos técnicos o diseños gráficos en softwares computarizados (CAD) del **Estadio Municipal de Paltas**. El motivo, quien remite es estudiante de la carrera antes mencionada y el presente tema “**Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de Catacocha**”, corresponde a un tema de tesis elaborado por mi persona. Por lo cual necesito de datos técnicos y precisos del complejo deportivo para el levantamiento de información y poder sustentar el desarrollo de mi proyecto. De igual manera solicito un permiso a mi persona, para poder entrar al complejo deportivo y poder tomar medidas y fotografías del mismo.

Por la favorable atención es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de aprecio y estima.

Atentamente.

DAVID JOEL
CARRILLO
SISALIMA

C=EC, SN=CARRILLO
SISALIMA, G=DAVID JOEL,
SERIALNUMBER=ECCE-115
0606703, CN=DAVID JOEL
CARRILLO SISALIMA
Yo soy el autor de este
documento
PaltasLojaEcuador

.....
David Joel Carrillo Sisalima

C.I. 1150606703

Correo Electrónico: david.carrillo@unl.edu.ec

Número telefónico: 0967572747

Anexo 5. Cálculos económicos para las propuestas de iluminación del estadio Municipal de Catacocha

❖ Propuesta de halogenuros metálicos, valores económicos de la torre y luminarias de implantación.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		PRECIO	COSTO
	mediad (m)	Nº de Elementos	(USD)	(USD)
Torre	18	6	850	5 100
Proyector de Halogenuro metálico		54	1 874,04	101 198,16
SUBTOTAL				106 298,16

Los rubros y precios económicos para los sistemas de luminarias y postes se los obtuvieron de la web, basados en las siguientes referencias:

1. (QC Construcciones, n.d.) torre
2. (Alibaba, n.d.) y (Alumbrado LED, n.d.) luminarias

Nota: para la iluminación, al ser una tecnología extranjera el valor económico de los proyectores tanto de halogenuros metálicos como LED su valor económico será exagerado.

❖ Valores económicos de la instalación de torres y proyectores en el estadio Municipal de Catacocha.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO (USD)	COSTO(USD)
Instalación de torres	6	150	900
Instalación de proyectores	54	65	3 510
SUBTOTAL			4 410

Nota: el valor económico de la instalación de los reflectores y torres de iluminación se los tomo de la siguiente referencia (Revilla, 2021, p. 151).

❖ *Consumo energético y costos de las tecnologías aplicadas al proyecto de iluminación del estadio Municipal de Catacocha*

Descripción	Unidades	Potencia del proyector (W)	Potencia total de los proyectores (W)	Horas al día (h)	Horas mensuales (h)	Horas anuales (h)	Consumo diario (kW/h)	Consumo mensual (kW/h)	Consumo anual (kW/h)	Costo (kW/h) USD	Costo de la energía consumida (Diario) (kW/h) USD	Costo de la energía consumida (Mensual) (kW/h) USD	Costo de la energía consumida (Anual) (kW/h) USD
Tecnología de Halogenuros metálicos	54	2 000	108 000	5	140	1 680	540	15 120	181 440	0,093	50,22	1 406,16	16 873,92
Tecnología LED	48	1 000	48 000	5	140	1 680	240	6 720	80 640	0,093	22,32	624,96	7 499,52

❖ *Depreciación de las luminarias en función de su uso, costo de energía y vida útil (halogenuros metálicos)*

N° AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Horas anuales (h)	1 680	3 360	5 040	6 720	8 400	10 080	11 760	13 440	15 120
Costo de la energía consumida (Anual) (kW/h) USD	16 873,92	33 747,84	50 621,76	67 495,68	84 369,6	101 243,52	118 117,44	134 991,36	151 865,28

Depreciación de todo el sistema Anual [USD]	12 753,73
Depreciación de cada equipo Anual [USD]	236,18

Anexo 6. Certificado traducción abstract

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Rosa Susana Saritama Díaz, Mgs en Ciencias de la Educación, idiomas Inglés.

CERTIFICA:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de integración curricular denominado “**Diseño del sistema de iluminación para el estadio Municipal de la Ciudad de Catacocha**”, correspondiente al señor egresado: **David Joel Carrillo Sisalima**, con cedula de identidad **1150606703**, ha sido revisado y supervisado según se me ha solicitado, por lo cual cumple con la correcta traducción al idioma inglés.

Esto es lo que puedo mencionar y certificar en honor a la verdad para fines pertinentes.

Loja, 08 de enero de 2024



Mgs. Rosa Susana Saritama Díaz

C.I. 1104531767

1008-15-1334967
1077-2022-2516956

*Anexo 7. Informe del diseño del sistema de iluminación con
Halogenuros Metálicos en DIALux.*

Calculo fotométrico del estadio municipal ciudad de CATACOCHA

Se coloco luminarias HALOGENURO METALICAS de la marca PHILIPS, para satisfacer la iluminación de la cancha de futbol del estadio de la ciudad de paltas, cumpliendo el nivel de iluminación, uniformidad y deslumbramiento.

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 18.01.2023
Proyecto elaborado por: David Joel Carrillo Sisalima

Índice

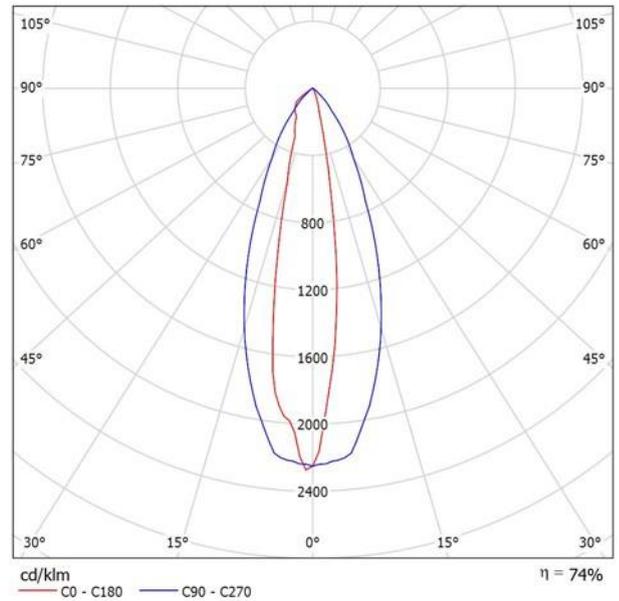
Calculo fotométrico del estadio municipal ciudad de CATACOCCHA

Portada del proyecto	1
Índice	2
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	
Hoja de datos de luminarias	3
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha	
Datos de planificación	4
Lista de luminarias	5
Luminarias de deporte (lista de coordenadas)	6
Observador GR (sumario de resultados)	9
Rendering (procesado) en 3D	17
Rendering (procesado) de colores falsos	18
Superficies exteriores	
Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA)	
Resumen	19
Isolíneas (E, perpendicular)	20
Gráfico de valores (E, perpendicular)	21

PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

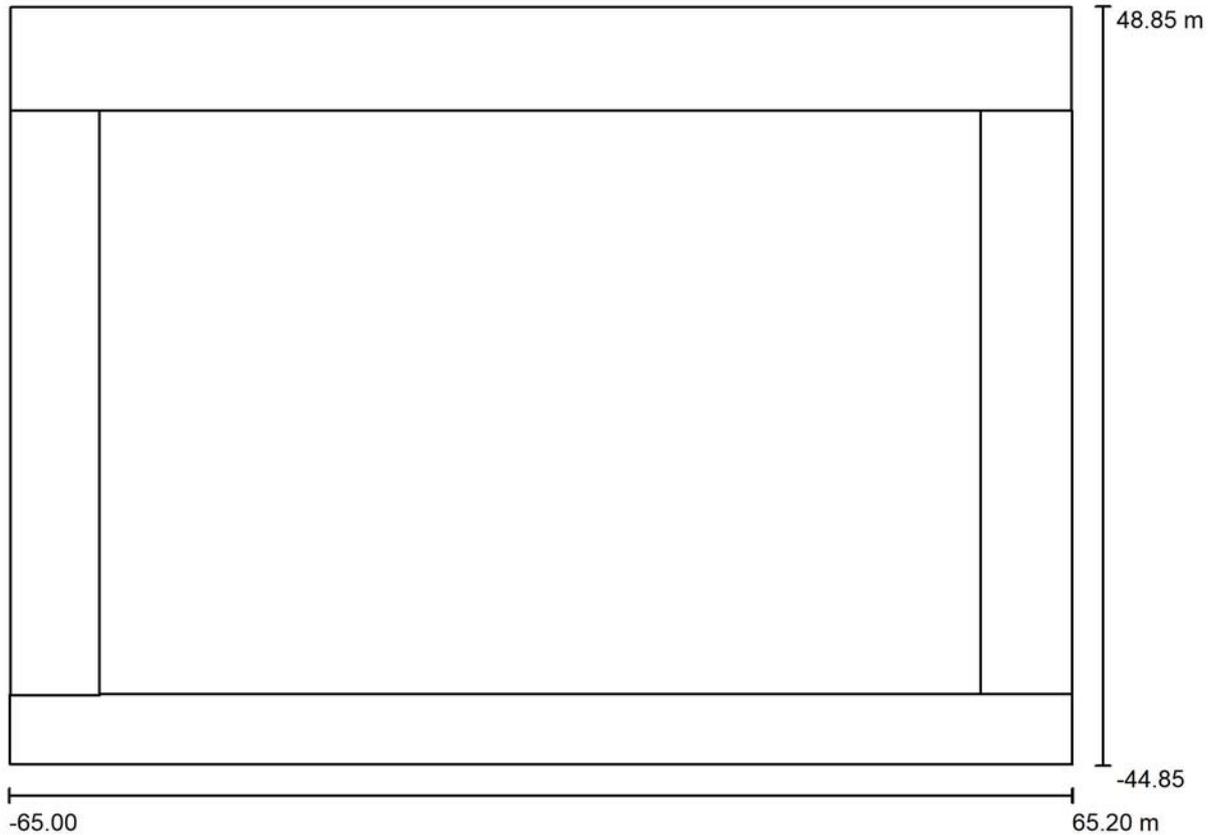
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 89 99 100 100 75

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 10.0%

Escala 1:931

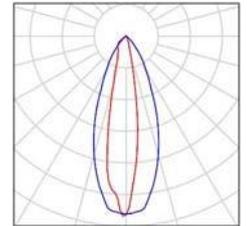
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	54	PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS (1.000)	167978	226000	2175.0
Total:			9070817	12204000	117450.0

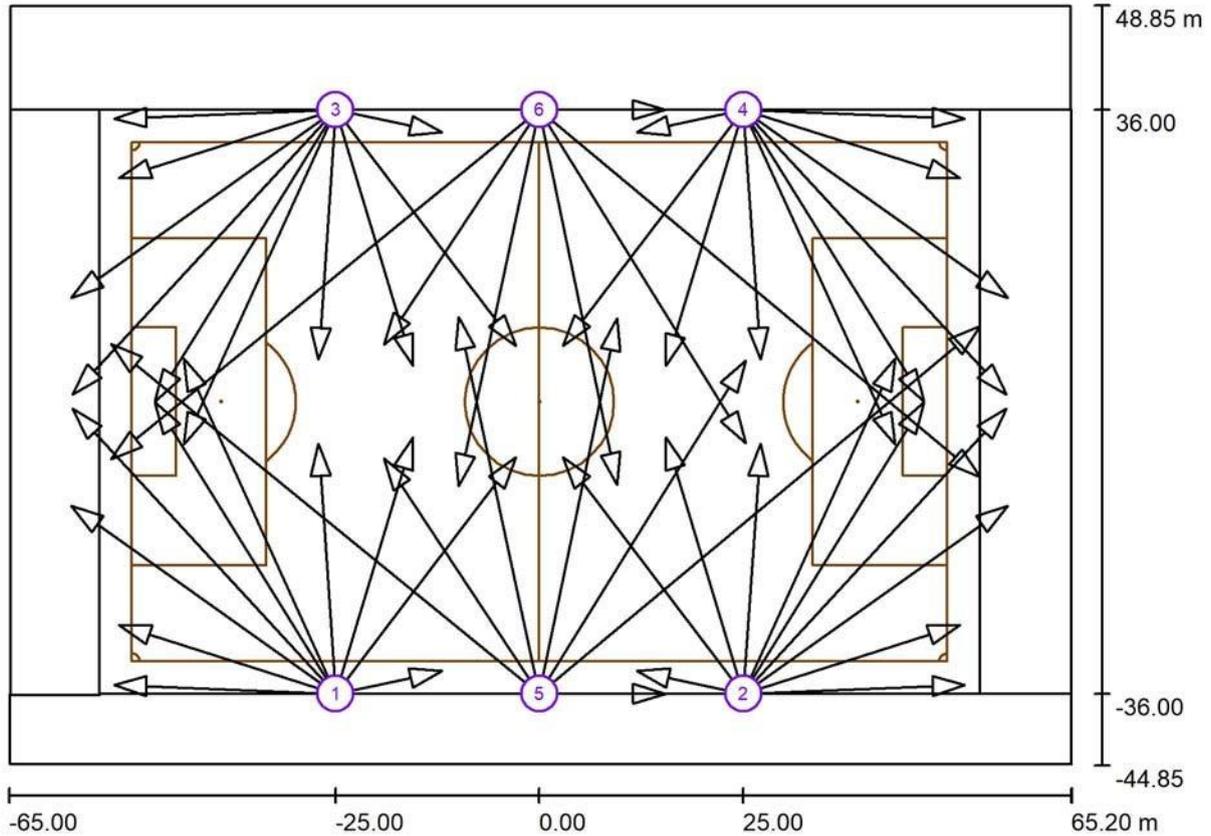
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Lista de luminarias

54 Pieza PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 167978 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 226000 lm
Potencia de las luminarias: 2175.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 89 99 100 100 75
Lámpara: 1 x MHN-SAH2000W/400V/956 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)



Escala 1 : 931

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-52.115	-34.900	0.000	33.6	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-57.361	-12.828	0.000	24.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-57.200	-0.878	0.000	20.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-47.100	-0.051	0.000	23.1	(C 90, G IMax)	/

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-43.600	5.300	0.000	21.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-11.961	-33.229	0.000	53.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-2.863	-6.847	0.000	26.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-15.500	-4.400	0.000	28.6	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-27.076	-5.207	0.000	30.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	1	-25.000	-36.000	18.000	-51.556	-27.539	0.000	32.9	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	52.115	-34.900	0.000	33.6	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	57.361	-12.828	0.000	24.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	57.200	-0.878	0.000	20.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	47.100	-0.051	0.000	23.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	43.600	5.300	0.000	21.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	11.961	-33.229	0.000	53.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	2.863	-6.847	0.000	26.2	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	15.500	-4.400	0.000	28.6	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	27.076	-5.207	0.000	30.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	2	25.000	-36.000	18.000	51.556	-27.539	0.000	32.9	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-52.115	34.900	0.000	33.6	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-57.361	12.828	0.000	24.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-57.200	0.878	0.000	20.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-47.100	0.051	0.000	23.1	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-43.600	-5.300	0.000	21.7	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	3	-25.000	36.000	18.000	-11.961	33.229	0.000	53.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6	3	-25.000	36.000	18.000	-2.863	6.847	0.000	26.2	(C 90, G IMax)	/

+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	3	-25.000	36.000	18.000	-15.500	4.400	0.000	28.6	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	3	-25.000	36.000	18.000	-27.076	5.207	0.000	30.3	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	3	-25.000	36.000	18.000	-51.556	27.539	0.000	32.9	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	52.115	34.900	0.000	33.6	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	57.361	12.828	0.000	24.3	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	57.200	0.878	0.000	20.7	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	47.100	0.051	0.000	23.1	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	43.600	-5.300	0.000	21.7	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	11.961	33.229	0.000	53.5	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	2.863	6.847	0.000	26.2	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	15.500	4.400	0.000	28.6	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS PHILIPS	4	25.000	36.000	18.000	27.076	5.207	0.000	30.3	(C 90, G IMax)	/
+ZVF403 GS PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	4	25.000	36.000	18.000	51.556	27.539	0.000	32.9	(C 90, G IMax)	/

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

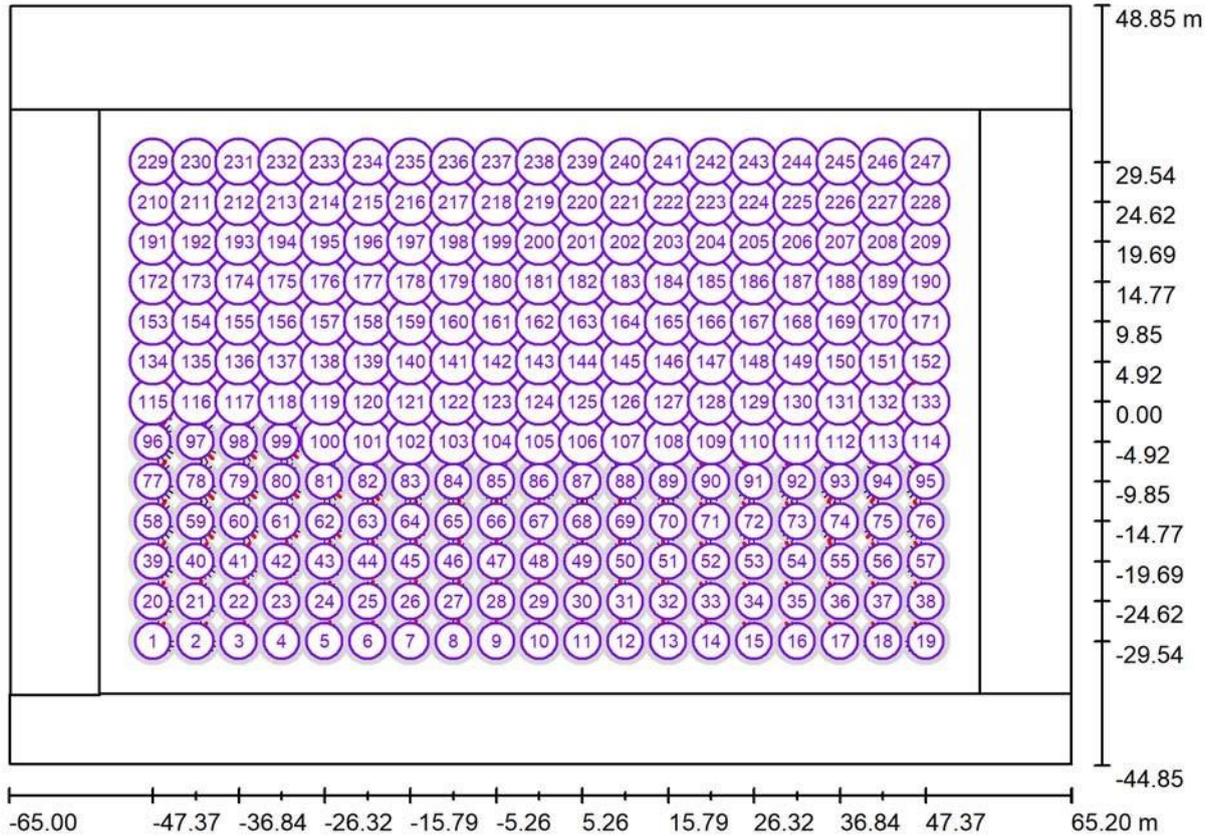
e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	25.300	5.100	0.000	20.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	54.000	9.317	0.000	14.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	15.387	-35.999	0.000	49.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	-19.037	-7.012	0.000	27.4	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	-52.500	7.100	0.000	14.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	-9.900	10.400	0.000	20.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	5	0.000	-36.000	18.000	9.489	10.249	0.000	20.9	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	25.300	-5.100	0.000	20.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	54.000	-9.317	0.000	14.3	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	15.387	35.999	0.000	49.5	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	-19.037	7.012	0.000	27.4	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	-52.500	-7.100	0.000	14.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	-9.900	-10.400	0.000	20.8	(C 90, G IMax)	/
PHILIPS MVF403 A6 +ZVF403 GS	6	0.000	36.000	18.000	9.489	-10.249	0.000	20.9	(C 90, G IMax)	/

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)



Escala 1 : 931

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]			Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso	Inclination	
1	Observador GR 1	-47.368	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
2	Observador GR 2	-42.105	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
3	Observador GR 3	-36.842	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
4	Observador GR 4	-31.579	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
5	Observador GR 5	-26.316	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
6	Observador GR 6	-21.053	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
7	Observador GR 7	-15.789	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
8	Observador GR 8	-10.526	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
9	Observador GR 9	-5.263	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
10	Observador GR 10	0.000	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
11	Observador GR 11	5.263	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
12	Observador GR 12	10.526	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
13	Observador GR 13	15.789	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
14	Observador GR 14	21.053	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
15	Observador GR 15	26.316	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
16	Observador GR 16	31.579	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
17	Observador GR 17	36.842	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
18	Observador GR 18	42.105	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
19	Observador GR 19	47.368	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
20	Observador GR 20	-47.368	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
21	Observador GR 21	-42.105	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
22	Observador GR 22	-36.842	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
23	Observador GR 23	-31.579	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
24	Observador GR 24	-26.316	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
25	Observador GR 25	-21.053	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
26	Observador GR 26	-15.789	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
27	Observador GR 27	-10.526	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
28	Observador GR 28	-5.263	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
29	Observador GR 29	0.000	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
30	Observador GR 30	5.263	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
31	Observador GR 31	10.526	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
32	Observador GR 32	15.789	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
33	Observador GR 33	21.053	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
34	Observador GR 34	26.316	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
35	Observador GR 35	31.579	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
36	Observador GR 36	36.842	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
37	Observador GR 37	42.105	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
38	Observador GR 38	47.368	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
39	Observador GR 39	-47.368	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)
40	Observador GR 40	-42.105	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]			Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso	Inclination	
41	Observador GR 41	-36.842	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
42	Observador GR 42	-31.579	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
43	Observador GR 43	-26.316	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
44	Observador GR 44	-21.053	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
45	Observador GR 45	-15.789	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
46	Observador GR 46	-10.526	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
47	Observador GR 47	-5.263	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
48	Observador GR 48	0.000	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
49	Observador GR 49	5.263	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
50	Observador GR 50	10.526	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
51	Observador GR 51	15.789	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
52	Observador GR 52	21.053	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
53	Observador GR 53	26.316	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
54	Observador GR 54	31.579	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
55	Observador GR 55	36.842	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
56	Observador GR 56	42.105	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
57	Observador GR 57	47.368	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
58	Observador GR 58	-47.368	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
59	Observador GR 59	-42.105	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)
60	Observador GR 60	-36.842	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
61	Observador GR 61	-31.579	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
62	Observador GR 62	-26.316	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
63	Observador GR 63	-21.053	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
64	Observador GR 64	-15.789	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
65	Observador GR 65	-10.526	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
66	Observador GR 66	-5.263	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
67	Observador GR 67	0.000	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
68	Observador GR 68	5.263	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
69	Observador GR 69	10.526	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
70	Observador GR 70	15.789	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
71	Observador GR 71	21.053	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
72	Observador GR 72	26.316	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
73	Observador GR 73	31.579	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
74	Observador GR 74	36.842	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
75	Observador GR 75	42.105	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
76	Observador GR 76	47.368	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
77	Observador GR 77	-47.368	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
78	Observador GR 78	-42.105	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
79	Observador GR 79	-36.842	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)
80	Observador GR 80	-31.579	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
81	Observador GR 81	-26.316	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
82	Observador GR 82	-21.053	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
83	Observador GR 83	-15.789	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
84	Observador GR 84	-10.526	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
85	Observador GR 85	-5.263	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
86	Observador GR 86	0.000	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
87	Observador GR 87	5.263	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
88	Observador GR 88	10.526	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
89	Observador GR 89	15.789	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
90	Observador GR 90	21.053	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
91	Observador GR 91	26.316	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
92	Observador GR 92	31.579	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
93	Observador GR 93	36.842	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
94	Observador GR 94	42.105	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
95	Observador GR 95	47.368	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
96	Observador GR 96	-47.368	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
97	Observador GR 97	-42.105	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
98	Observador GR 98	-36.842	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)
99	Observador GR 99	-31.579	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
100	Observador GR 100	-26.316	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
101	Observador GR 101	-21.053	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
102	Observador GR 102	-15.789	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
103	Observador GR 103	-10.526	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
104	Observador GR 104	-5.263	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
105	Observador GR 105	0.000	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
106	Observador GR 106	5.263	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
107	Observador GR 107	10.526	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
108	Observador GR 108	15.789	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
109	Observador GR 109	21.053	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
110	Observador GR 110	26.316	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
111	Observador GR 111	31.579	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
112	Observador GR 112	36.842	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
113	Observador GR 113	42.105	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
114	Observador GR 114	47.368	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
115	Observador GR 115	-47.368	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
116	Observador GR 116	-42.105	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
117	Observador GR 117	-36.842	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
118	Observador GR 118	-31.579	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
119	Observador GR 119	-26.316	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
120	Observador GR 120	-21.053	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
121	Observador GR 121	-15.789	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
122	Observador GR 122	-10.526	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
123	Observador GR 123	-5.263	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
124	Observador GR 124	0.000	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
125	Observador GR 125	5.263	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
126	Observador GR 126	10.526	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
127	Observador GR 127	15.789	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
128	Observador GR 128	21.053	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
129	Observador GR 129	26.316	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
130	Observador GR 130	31.579	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
131	Observador GR 131	36.842	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
132	Observador GR 132	42.105	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
133	Observador GR 133	47.368	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
134	Observador GR 134	-47.368	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
135	Observador GR 135	-42.105	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
136	Observador GR 136	-36.842	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 2)
137	Observador GR 137	-31.579	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
138	Observador GR 138	-26.316	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
139	Observador GR 139	-21.053	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
140	Observador GR 140	-15.789	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
141	Observador GR 141	-10.526	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
142	Observador GR 142	-5.263	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
143	Observador GR 143	0.000	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
144	Observador GR 144	5.263	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
145	Observador GR 145	10.526	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
146	Observador GR 146	15.789	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
147	Observador GR 147	21.053	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 2)
148	Observador GR 148	26.316	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
149	Observador GR 149	31.579	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
150	Observador GR 150	36.842	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
151	Observador GR 151	42.105	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
152	Observador GR 152	47.368	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
153	Observador GR 153	-47.368	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
154	Observador GR 154	-42.105	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
155	Observador GR 155	-36.842	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
156	Observador GR 156	-31.579	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
157	Observador GR 157	-26.316	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
158	Observador GR 158	-21.053	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
159	Observador GR 159	-15.789	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
160	Observador GR 160	-10.526	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
161	Observador GR 161	-5.263	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
162	Observador GR 162	0.000	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
163	Observador GR 163	5.263	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
164	Observador GR 164	10.526	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
165	Observador GR 165	15.789	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
166	Observador GR 166	21.053	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
167	Observador GR 167	26.316	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
168	Observador GR 168	31.579	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
169	Observador GR 169	36.842	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
170	Observador GR 170	42.105	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
171	Observador GR 171	47.368	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
172	Observador GR 172	-47.368	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
173	Observador GR 173	-42.105	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
174	Observador GR 174	-36.842	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
175	Observador GR 175	-31.579	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
176	Observador GR 176	-26.316	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
177	Observador GR 177	-21.053	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
178	Observador GR 178	-15.789	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
179	Observador GR 179	-10.526	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
180	Observador GR 180	-5.263	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
181	Observador GR 181	0.000	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
182	Observador GR 182	5.263	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
183	Observador GR 183	10.526	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
184	Observador GR 184	15.789	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
185	Observador GR 185	21.053	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
186	Observador GR 186	26.316	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
187	Observador GR 187	31.579	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
188	Observador GR 188	36.842	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
189	Observador GR 189	42.105	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
190	Observador GR 190	47.368	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
191	Observador GR 191	-47.368	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
192	Observador GR 192	-42.105	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
193	Observador GR 193	-36.842	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
194	Observador GR 194	-31.579	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
195	Observador GR 195	-26.316	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
196	Observador GR 196	-21.053	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
197	Observador GR 197	-15.789	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
198	Observador GR 198	-10.526	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
199	Observador GR 199	-5.263	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
200	Observador GR 200	0.000	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
201	Observador GR 201	5.263	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
202	Observador GR 202	10.526	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
203	Observador GR 203	15.789	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
204	Observador GR 204	21.053	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
205	Observador GR 205	26.316	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
206	Observador GR 206	31.579	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
207	Observador GR 207	36.842	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
208	Observador GR 208	42.105	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
209	Observador GR 209	47.368	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
210	Observador GR 210	-47.368	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
211	Observador GR 211	-42.105	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
212	Observador GR 212	-36.842	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
213	Observador GR 213	-31.579	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
214	Observador GR 214	-26.316	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
215	Observador GR 215	-21.053	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
216	Observador GR 216	-15.789	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
217	Observador GR 217	-10.526	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
218	Observador GR 218	-5.263	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
219	Observador GR 219	0.000	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
220	Observador GR 220	5.263	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]				Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso	Inclination	
221	Observador GR 221	10.526	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
222	Observador GR 222	15.789	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
223	Observador GR 223	21.053	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
224	Observador GR 224	26.316	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
225	Observador GR 225	31.579	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
226	Observador GR 226	36.842	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
227	Observador GR 227	42.105	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
228	Observador GR 228	47.368	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
229	Observador GR 229	-47.368	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
230	Observador GR 230	-42.105	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
231	Observador GR 231	-36.842	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
232	Observador GR 232	-31.579	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
233	Observador GR 233	-26.316	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
234	Observador GR 234	-21.053	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
235	Observador GR 235	-15.789	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
236	Observador GR 236	-10.526	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
237	Observador GR 237	-5.263	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
238	Observador GR 238	0.000	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
239	Observador GR 239	5.263	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
240	Observador GR 240	10.526	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
241	Observador GR 241	15.789	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
242	Observador GR 242	21.053	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
243	Observador GR 243	26.316	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
244	Observador GR 244	31.579	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
245	Observador GR 245	36.842	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	39 ²⁾
246	Observador GR 246	42.105	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
247	Observador GR 247	47.368	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾

2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Rendering (procesado) en 3D



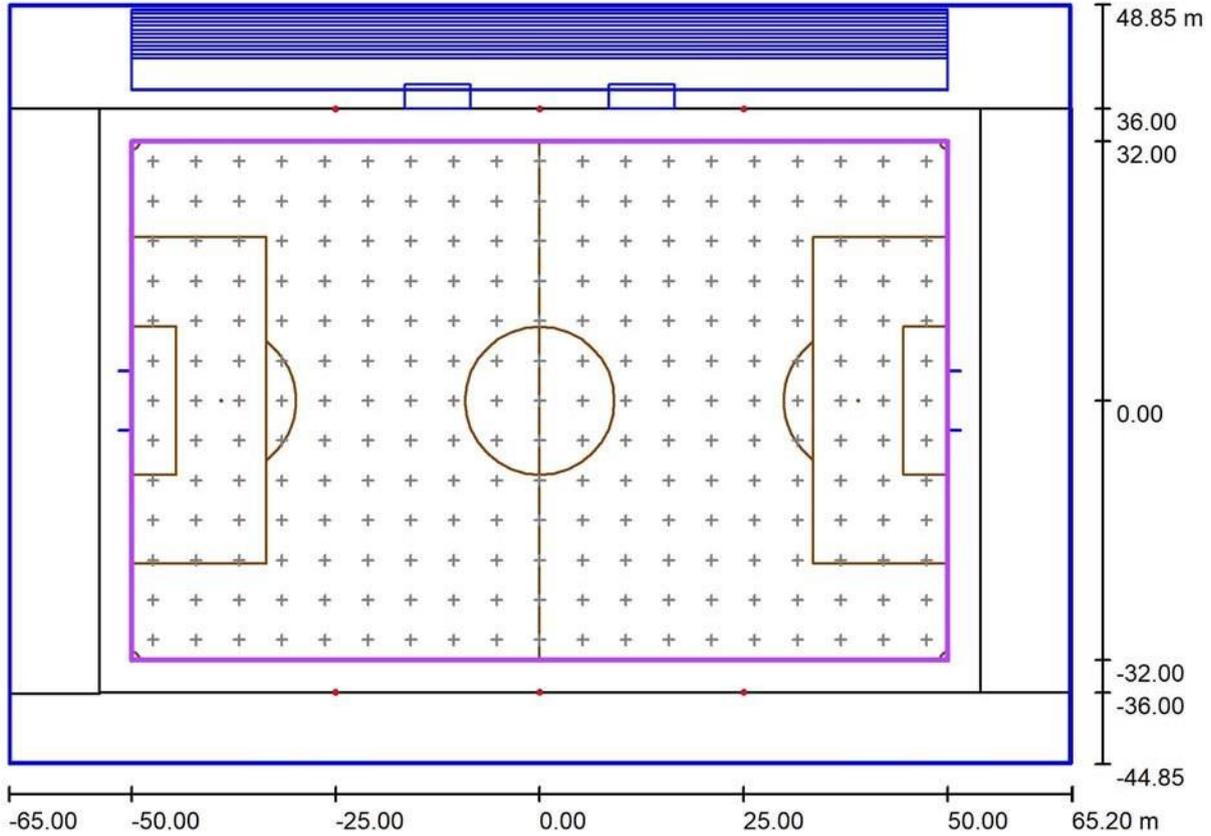
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Rendering (procesado) de colores falsos



0 10 20 30 40 50 60 70 500

lx

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Resumen



Escala 1 : 931

Posición: (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Tamaño: (100.000 m, 64.000 m)

Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)

Tipo: Normal, Trama: 19 x 13 Puntos

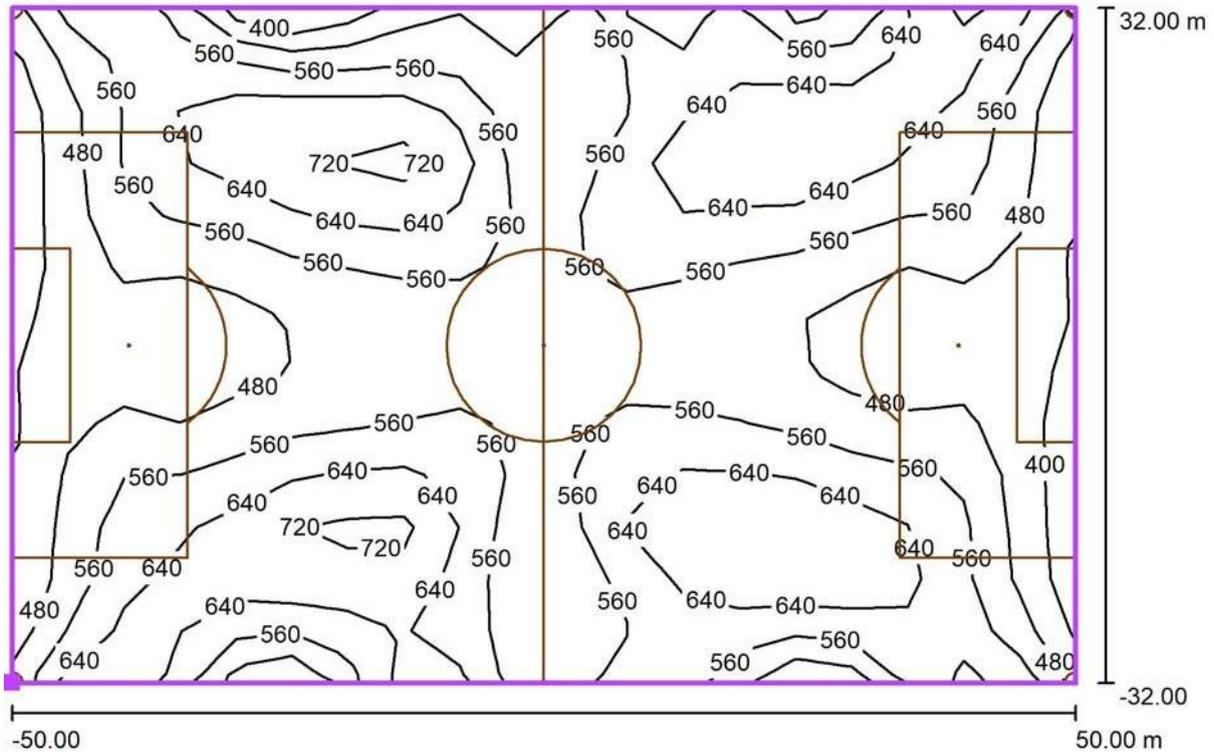
Pertenece al siguiente centro deportivo: Campo de fútbol

Sumario de los resultados

N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	563	391	783	0.70	0.50	/	0.000	/

$E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad lumínica central horizontal y vertical, H = Medición altura

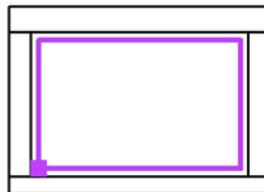
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:

Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
563

E_{min} [lx]
391

E_{max} [lx]
783

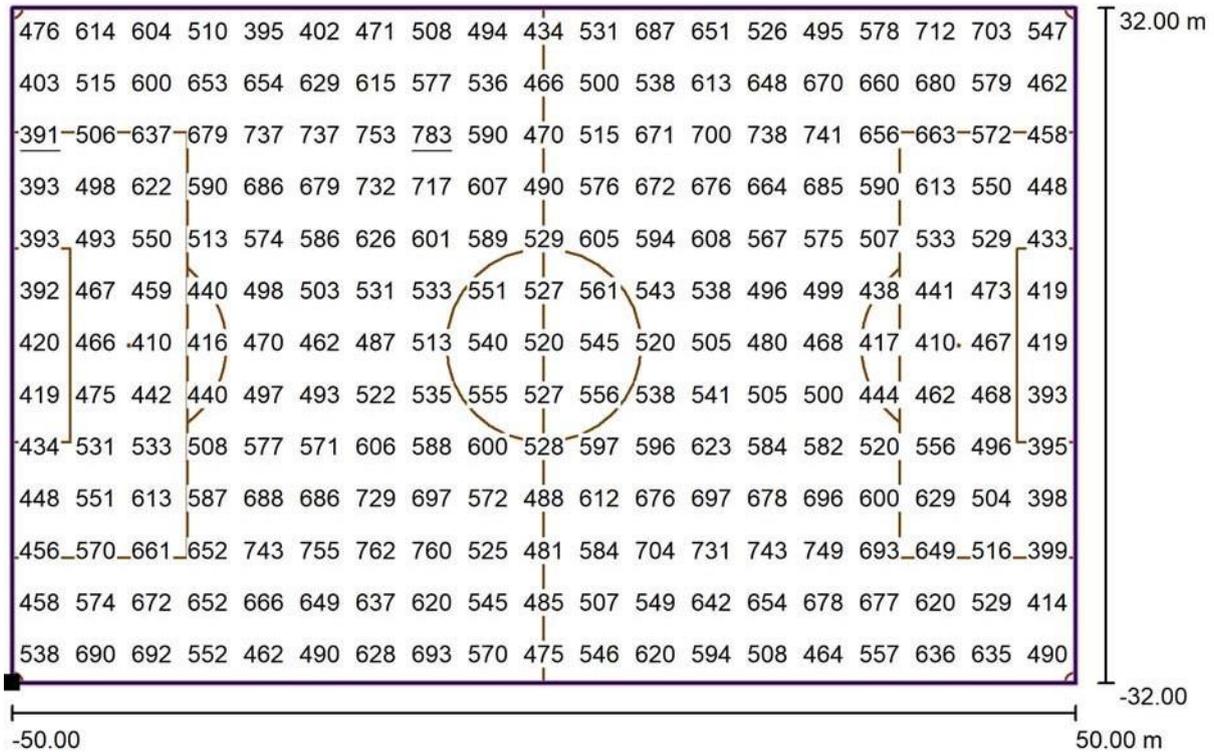
E_{min} / E_m
0.70

E_{min} / E_{max}
0.50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
LOJA

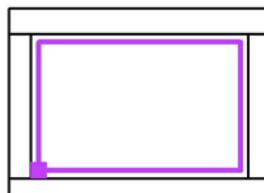
Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima
Teléfono 0967572747
Fax
e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
563

E_{min} [lx]
391

E_{max} [lx]
783

E_{min} / E_m
0.70

E_{min} / E_{max}
0.50

Anexo 8. Informe del diseño del sistema de iluminación LED en DIALux.

Calculo fotométrico del estadio municipal ciudad de CATACÓCHA

Se colocó luminarias LED de la marca THREELINE - OLYMPIC, para satisfacer la iluminación de la cancha de fútbol del estadio de la ciudad de paltas, cumpliendo el nivel de iluminación, uniformidad y deslumbramiento.

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 18.01.2023
Proyecto elaborado por: David Joel Carrillo Sisalima

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Índice

Calculo fotométrico del estadio municipal ciudad de CATACOCHA

Portada del proyecto	1
Índice	2
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	
Hoja de datos de luminarias	3
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha	
Datos de planificación	4
Lista de luminarias	5
Luminarias de deporte (lista de coordenadas)	6
Observador GR (sumario de resultados)	9
Rendering (procesado) en 3D	17
Rendering (procesado) de colores falsos	18
Superficies exteriores	
Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA)	
Resumen	19
Isolíneas (E, perpendicular)	20
Gráfico de valores (E, perpendicular)	21

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

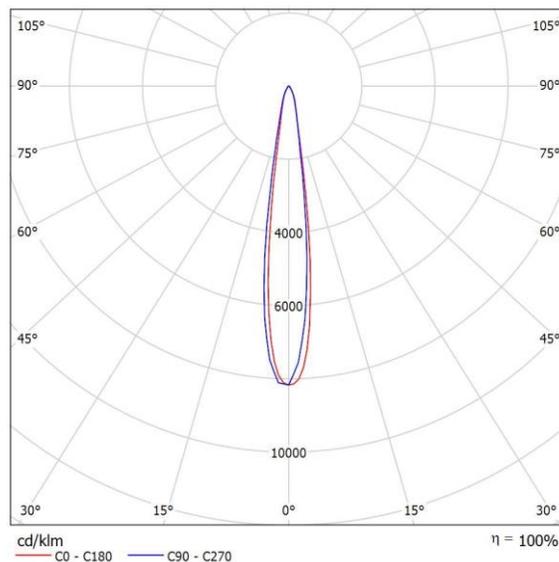
Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

THREELINE 1 OLP1000W BN 15 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 93 98 100 100 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

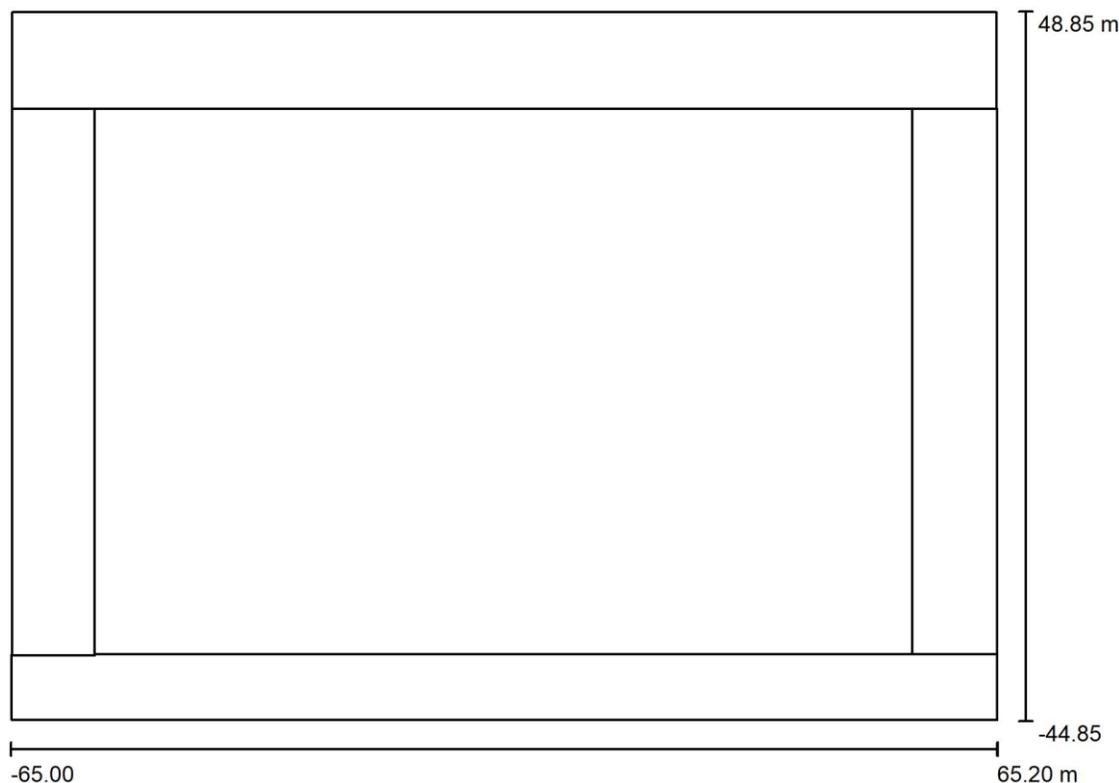
Teléfono 0967572747

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

LOJA

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 5.5%

Escala 1:931

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	F (Luminaria) [lm]	F (Lámparas) [lm]	P [W]
1	48	THREELINE 1 OLP1000W BN 15 (1.000)	150106	150200	1001.7
			Total: 7205088	Total: 7209600	48081.6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

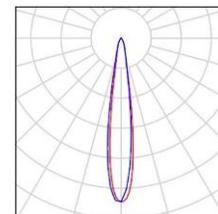
Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

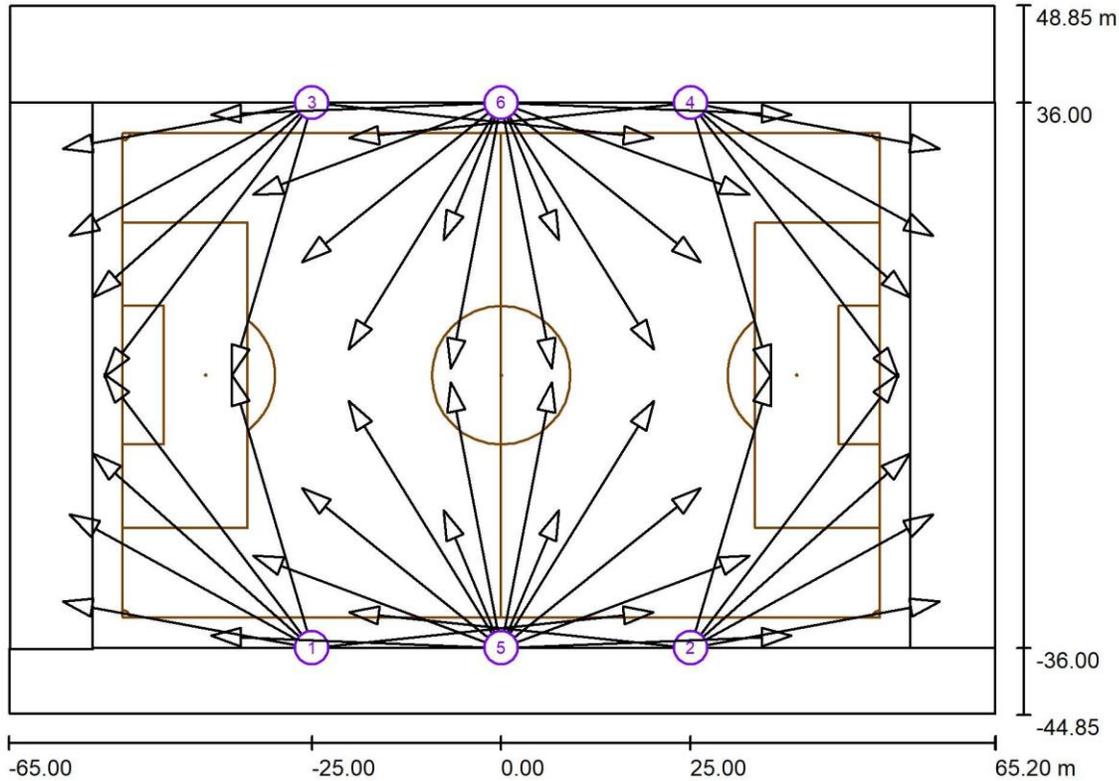
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Lista de luminarias

48 Pieza THREELINE 1 OLP1000W BN 15
N° de artículo: 1
Flujo luminoso (Luminaria): 150106 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 150200 lm
Potencia de las luminarias: 1001.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 93 98 100 100 100
Lámpara: 1 x Proyector LED 1000W (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)



Escala 1 : 931

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Angulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	1	-25.000	-36.000	18.000	20.091	-31.291	0.000	21.7	(C 90, G IMax)	/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	1	-25.000	-36.000	18.000	-57.880	-29.914	0.000	28.3	(C 90, G IMax)	/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	1	-25.000	-36.000	18.000	-53.900	-10.292	0.000	25.0	(C 90, G IMax)	/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	1	-25.000	-36.000	18.000	-52.417	0.200	0.000	21.6	(C 90, G IMax)	/

15	6	0.000	36.000	18.000	-26.300	14.900	0.000	28.1	(C 90, G IMax)	/
THREELINE 1 OLP1000W BN	6	0.000	36.000	18.000	-20.174	3.400	0.000	25.2	(C 90, G IMax)	/
15	6	0.000	36.000	18.000	-7.600	17.816	0.000	42.4	(C 90, G IMax)	/
THREELINE 1 OLP1000W BN										
15										

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

Fax

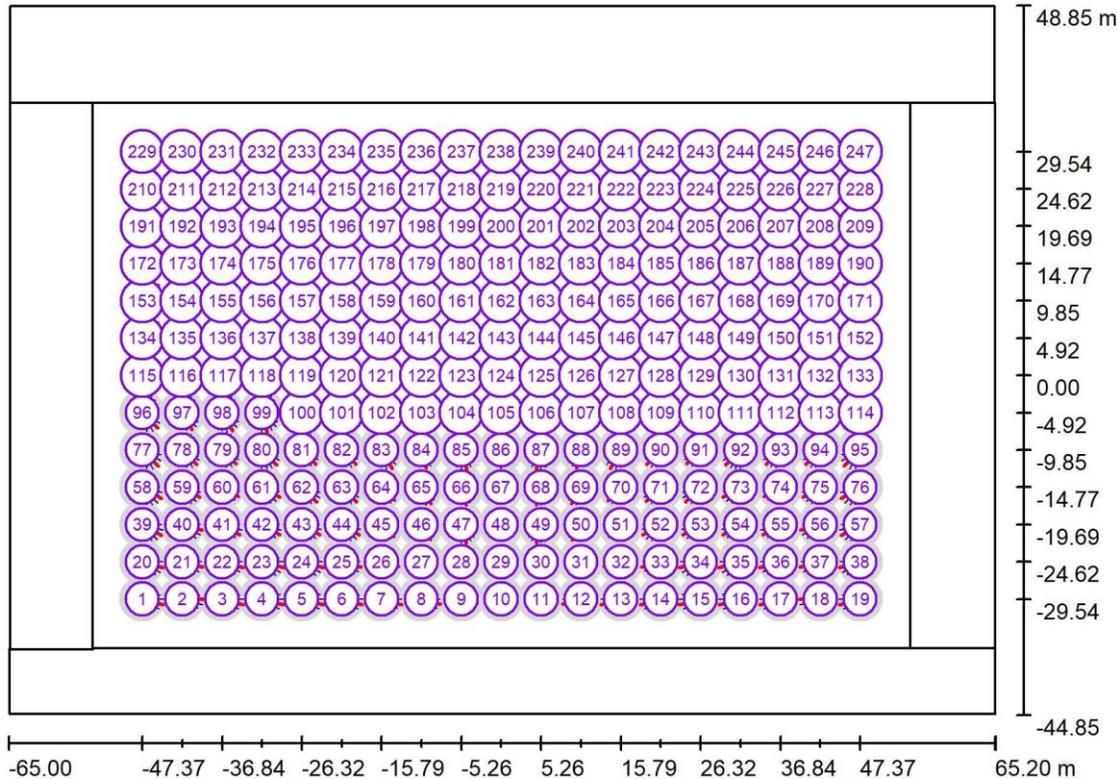
e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/
THREELINE 1 OLP1000W BN 15	6	0.000	36.000	18.0						/

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)



Escala 1 : 931

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]			Inclination	Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso		
1	Observador GR 1	-47.368	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
2	Observador GR 2	-42.105	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
3	Observador GR 3	-36.842	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
4	Observador GR 4	-31.579	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
5	Observador GR 5	-26.316	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
6	Observador GR 6	-21.053	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
7	Observador GR 7	-15.789	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
8	Observador GR 8	-10.526	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
9	Observador GR 9	-5.263	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 ²⁾
10	Observador GR 10	0.000	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 ²⁾
11	Observador GR 11	5.263	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾
12	Observador GR 12	10.526	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
13	Observador GR 13	15.789	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
14	Observador GR 14	21.053	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
15	Observador GR 15	26.316	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
16	Observador GR 16	31.579	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
17	Observador GR 17	36.842	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
18	Observador GR 18	42.105	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
19	Observador GR 19	47.368	-29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
20	Observador GR 20	-47.368	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
21	Observador GR 21	-42.105	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
22	Observador GR 22	-36.842	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
23	Observador GR 23	-31.579	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
24	Observador GR 24	-26.316	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
25	Observador GR 25	-21.053	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
26	Observador GR 26	-15.789	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
27	Observador GR 27	-10.526	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 ²⁾
28	Observador GR 28	-5.263	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾
29	Observador GR 29	0.000	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾
30	Observador GR 30	5.263	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾
31	Observador GR 31	10.526	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 ²⁾
32	Observador GR 32	15.789	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
33	Observador GR 33	21.053	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
34	Observador GR 34	26.316	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
35	Observador GR 35	31.579	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
36	Observador GR 36	36.842	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
37	Observador GR 37	42.105	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
38	Observador GR 38	47.368	-24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
39	Observador GR 39	-47.368	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
40	Observador GR 40	-42.105	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
41	Observador GR 41	-36.842	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
42	Observador GR 42	-31.579	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
43	Observador GR 43	-26.316	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
44	Observador GR 44	-21.053	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
45	Observador GR 45	-15.789	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
46	Observador GR 46	-10.526	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
47	Observador GR 47	-5.263	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
48	Observador GR 48	0.000	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 2)
49	Observador GR 49	5.263	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
50	Observador GR 50	10.526	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
51	Observador GR 51	15.789	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 2)
52	Observador GR 52	21.053	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
53	Observador GR 53	26.316	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
54	Observador GR 54	31.579	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
55	Observador GR 55	36.842	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
56	Observador GR 56	42.105	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
57	Observador GR 57	47.368	-19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 2)
58	Observador GR 58	-47.368	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 2)
59	Observador GR 59	-42.105	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
60	Observador GR 60	-36.842	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
61	Observador GR 61	-31.579	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
62	Observador GR 62	-26.316	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 2)
63	Observador GR 63	-21.053	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
64	Observador GR 64	-15.789	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
65	Observador GR 65	-10.526	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
66	Observador GR 66	-5.263	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
67	Observador GR 67	0.000	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 2)
68	Observador GR 68	5.263	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
69	Observador GR 69	10.526	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
70	Observador GR 70	15.789	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
71	Observador GR 71	21.053	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
72	Observador GR 72	26.316	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
73	Observador GR 73	31.579	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
74	Observador GR 74	36.842	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
75	Observador GR 75	42.105	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
76	Observador GR 76	47.368	-14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 2)

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
77	Observador GR 77	-47.368	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
78	Observador GR 78	-42.105	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
79	Observador GR 79	-36.842	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
80	Observador GR 80	-31.579	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
81	Observador GR 81	-26.316	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
82	Observador GR 82	-21.053	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
83	Observador GR 83	-15.789	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
84	Observador GR 84	-10.526	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
85	Observador GR 85	-5.263	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
86	Observador GR 86	0.000	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
87	Observador GR 87	5.263	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
88	Observador GR 88	10.526	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
89	Observador GR 89	15.789	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
90	Observador GR 90	21.053	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
91	Observador GR 91	26.316	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
92	Observador GR 92	31.579	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
93	Observador GR 93	36.842	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
94	Observador GR 94	42.105	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
95	Observador GR 95	47.368	-9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
96	Observador GR 96	-47.368	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
97	Observador GR 97	-42.105	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
98	Observador GR 98	-36.842	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
99	Observador GR 99	-31.579	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
100	Observador GR 100	-26.316	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
101	Observador GR 101	-21.053	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
102	Observador GR 102	-15.789	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
103	Observador GR 103	-10.526	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
104	Observador GR 104	-5.263	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
105	Observador GR 105	0.000	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
106	Observador GR 106	5.263	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
107	Observador GR 107	10.526	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
108	Observador GR 108	15.789	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
109	Observador GR 109	21.053	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
110	Observador GR 110	26.316	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
111	Observador GR 111	31.579	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
112	Observador GR 112	36.842	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Área del ángulo visual [°]			Inclination	Max
		X	Y	Z	Inicio	Fin	Amplitud de paso		
113	Observador GR 113	42.105	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
114	Observador GR 114	47.368	-4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
115	Observador GR 115	-47.368	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
116	Observador GR 116	-42.105	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
117	Observador GR 117	-36.842	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
118	Observador GR 118	-31.579	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
119	Observador GR 119	-26.316	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
120	Observador GR 120	-21.053	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
121	Observador GR 121	-15.789	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
122	Observador GR 122	-10.526	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
123	Observador GR 123	-5.263	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
124	Observador GR 124	0.000	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
125	Observador GR 125	5.263	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
126	Observador GR 126	10.526	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
127	Observador GR 127	15.789	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
128	Observador GR 128	21.053	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
129	Observador GR 129	26.316	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
130	Observador GR 130	31.579	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
131	Observador GR 131	36.842	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
132	Observador GR 132	42.105	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
133	Observador GR 133	47.368	0.000	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
134	Observador GR 134	-47.368	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
135	Observador GR 135	-42.105	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
136	Observador GR 136	-36.842	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
137	Observador GR 137	-31.579	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
138	Observador GR 138	-26.316	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
139	Observador GR 139	-21.053	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
140	Observador GR 140	-15.789	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
141	Observador GR 141	-10.526	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
142	Observador GR 142	-5.263	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
143	Observador GR 143	0.000	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 ²⁾
144	Observador GR 144	5.263	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
145	Observador GR 145	10.526	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
146	Observador GR 146	15.789	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
147	Observador GR 147	21.053	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
148	Observador GR 148	26.316	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
149	Observador GR 149	31.579	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
150	Observador GR 150	36.842	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
151	Observador GR 151	42.105	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
152	Observador GR 152	47.368	4.923	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 2)
153	Observador GR 153	-47.368	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 2)
154	Observador GR 154	-42.105	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
155	Observador GR 155	-36.842	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
156	Observador GR 156	-31.579	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
157	Observador GR 157	-26.316	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
158	Observador GR 158	-21.053	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
159	Observador GR 159	-15.789	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
160	Observador GR 160	-10.526	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
161	Observador GR 161	-5.263	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
162	Observador GR 162	0.000	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 2)
163	Observador GR 163	5.263	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
164	Observador GR 164	10.526	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
165	Observador GR 165	15.789	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 2)
166	Observador GR 166	21.053	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
167	Observador GR 167	26.316	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
168	Observador GR 168	31.579	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
169	Observador GR 169	36.842	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
170	Observador GR 170	42.105	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
171	Observador GR 171	47.368	9.846	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 2)
172	Observador GR 172	-47.368	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 2)
173	Observador GR 173	-42.105	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 2)
174	Observador GR 174	-36.842	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
175	Observador GR 175	-31.579	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
176	Observador GR 176	-26.316	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 2)
177	Observador GR 177	-21.053	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 2)
178	Observador GR 178	-15.789	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
179	Observador GR 179	-10.526	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
180	Observador GR 180	-5.263	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
181	Observador GR 181	0.000	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 2)
182	Observador GR 182	5.263	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)
183	Observador GR 183	10.526	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 2)
184	Observador GR 184	15.789	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	40 2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
185	Observador GR 185	21.053	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
186	Observador GR 186	26.316	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
187	Observador GR 187	31.579	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
188	Observador GR 188	36.842	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
189	Observador GR 189	42.105	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
190	Observador GR 190	47.368	14.769	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
191	Observador GR 191	-47.368	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
192	Observador GR 192	-42.105	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
193	Observador GR 193	-36.842	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
194	Observador GR 194	-31.579	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
195	Observador GR 195	-26.316	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
196	Observador GR 196	-21.053	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
197	Observador GR 197	-15.789	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
198	Observador GR 198	-10.526	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
199	Observador GR 199	-5.263	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
200	Observador GR 200	0.000	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 ²⁾
201	Observador GR 201	5.263	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	41 ²⁾
202	Observador GR 202	10.526	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
203	Observador GR 203	15.789	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	37 ²⁾
204	Observador GR 204	21.053	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
205	Observador GR 205	26.316	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
206	Observador GR 206	31.579	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
207	Observador GR 207	36.842	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
208	Observador GR 208	42.105	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
209	Observador GR 209	47.368	19.692	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
210	Observador GR 210	-47.368	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
211	Observador GR 211	-42.105	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
212	Observador GR 212	-36.842	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
213	Observador GR 213	-31.579	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
214	Observador GR 214	-26.316	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
215	Observador GR 215	-21.053	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
216	Observador GR 216	-15.789	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
217	Observador GR 217	-10.526	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 ²⁾
218	Observador GR 218	-5.263	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾
219	Observador GR 219	0.000	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾
220	Observador GR 220	5.263	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	31 ²⁾

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

LOJA

Fax

e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Observador GR (sumario de resultados)

Lista de puntos de cálculo GR

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
221	Observador GR 221	10.526	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	32 ²⁾
222	Observador GR 222	15.789	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	38 ²⁾
223	Observador GR 223	21.053	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	43 ²⁾
224	Observador GR 224	26.316	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
225	Observador GR 225	31.579	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	49 ²⁾
226	Observador GR 226	36.842	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
227	Observador GR 227	42.105	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	45 ²⁾
228	Observador GR 228	47.368	24.615	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
229	Observador GR 229	-47.368	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
230	Observador GR 230	-42.105	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
231	Observador GR 231	-36.842	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
232	Observador GR 232	-31.579	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
233	Observador GR 233	-26.316	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
234	Observador GR 234	-21.053	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
235	Observador GR 235	-15.789	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
236	Observador GR 236	-10.526	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
237	Observador GR 237	-5.263	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	34 ²⁾
238	Observador GR 238	0.000	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	30 ²⁾
239	Observador GR 239	5.263	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	35 ²⁾
240	Observador GR 240	10.526	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	42 ²⁾
241	Observador GR 241	15.789	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	44 ²⁾
242	Observador GR 242	21.053	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
243	Observador GR 243	26.316	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
244	Observador GR 244	31.579	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	48 ²⁾
245	Observador GR 245	36.842	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾
246	Observador GR 246	42.105	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	46 ²⁾
247	Observador GR 247	47.368	29.538	1.000	0.0	360.0	15.0	-2.0	47 ²⁾

2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Proyecto elaborado por David Joel Carrillo Sisalima

Teléfono 0967572747

Fax

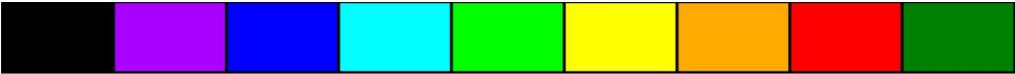
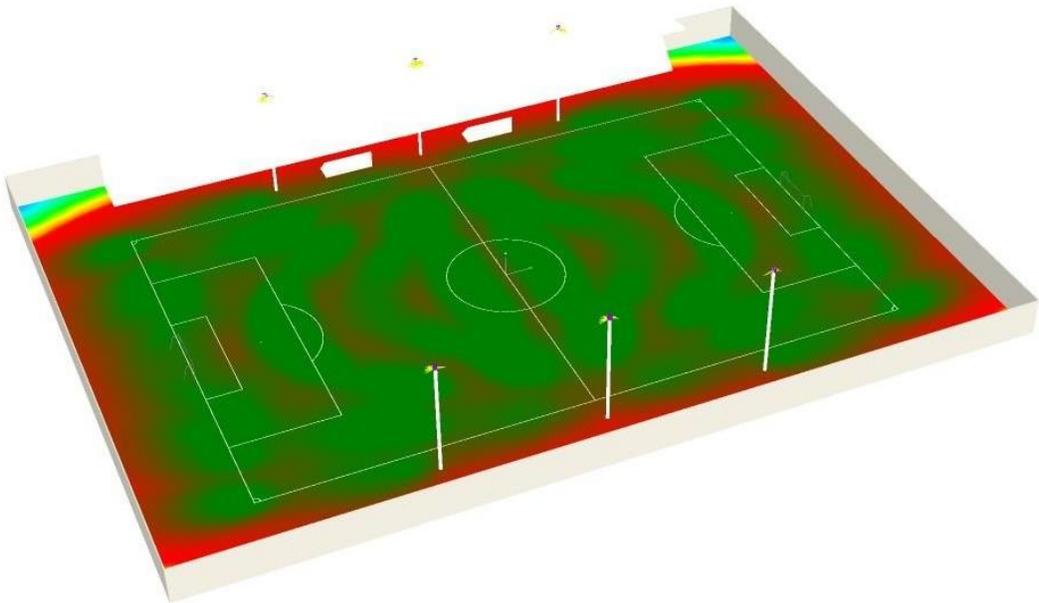
e-Mail david.carrillo@unl.edu.ec

LOJA

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Rendering (procesado) en 3D

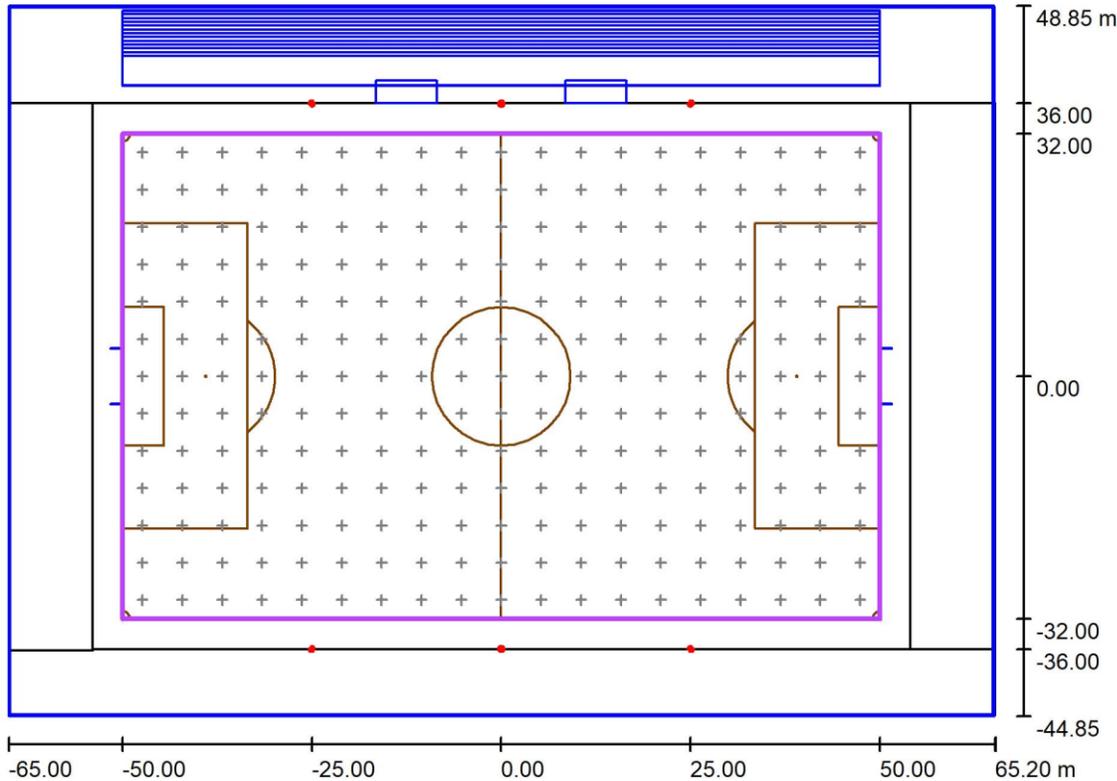


Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Rendering (procesado) de colores falsos



0 10 20 30 40 50 60 70 500 lx

Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Resumen



Escala 1 : 931

Posición: (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)

Tamaño: (100.000 m, 64.000 m)

Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)

Tipo: Normal, Trama: 19 x 13 Puntos

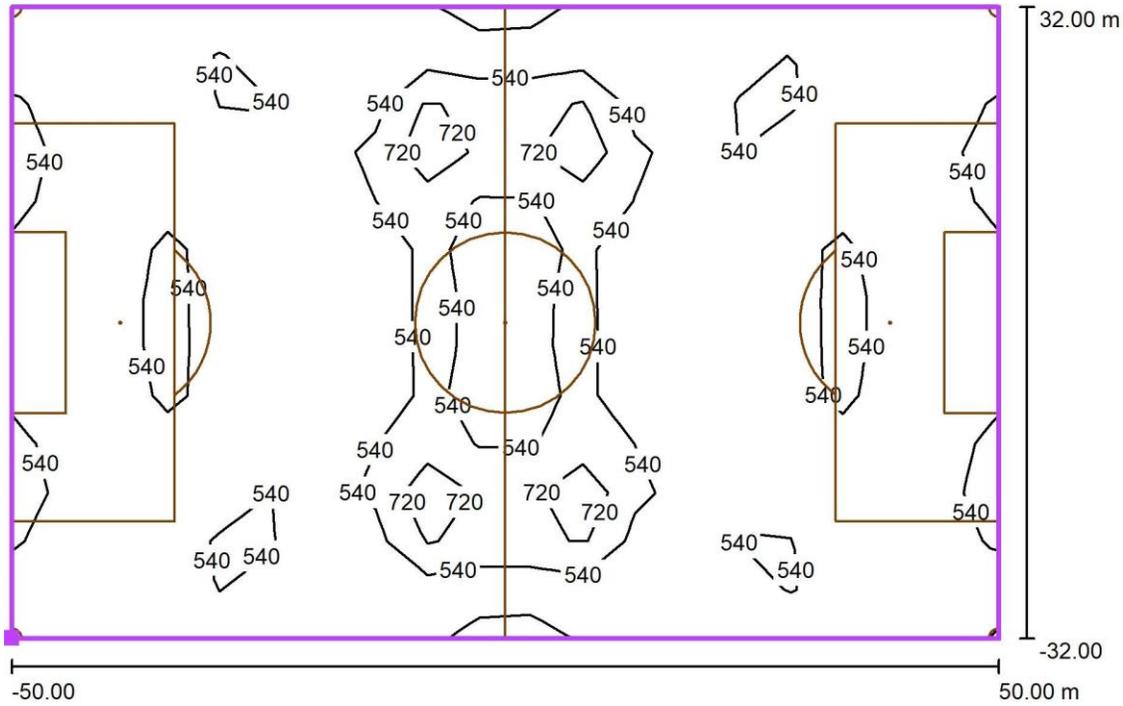
Pertenece al siguiente centro deportivo: Campo de fútbol

Sumario de los resultados

N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	500	348	1230	0.70	0.28	/	0.000	/

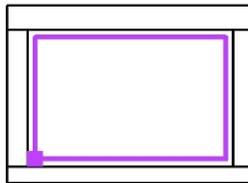
$E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad luminica central horizontal y vertical, H = Medición altura

**Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) /
Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
500

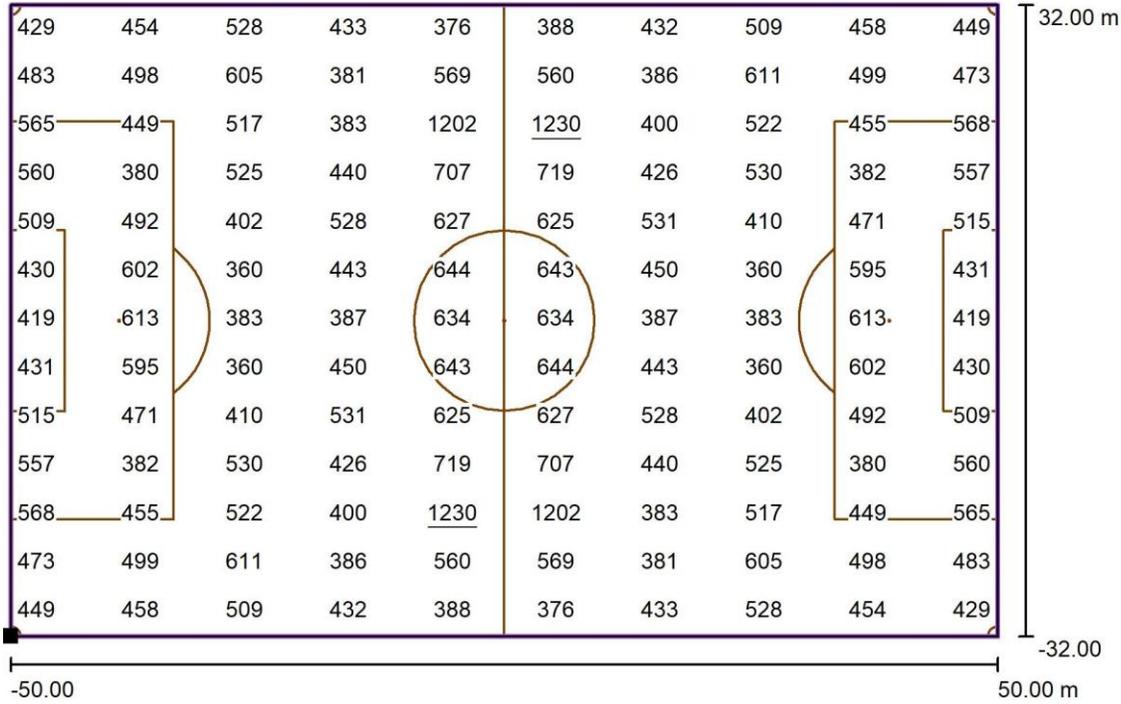
E_{min} [lx]
348

E_{max} [lx]
1230

E_{min} / E_m
0.70

E_{min} / E_{max}
0.28

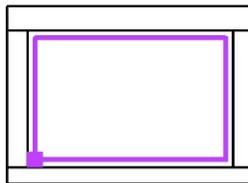
Estadio Municipal de la ciudad de Catacocha / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 715

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
500

E_{min} [lx]
348

E_{max} [lx]
1230

E_{min} / E_m
0.70

E_{min} / E_{max}
0.28