



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE
GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA
BOMBONERITA”.**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Haro Sánchez Wilson Roberto
Ocampo Taco William Miguel

Tutor:

MSc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

LATACUNGA - ECUADOR

2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Wilson Roberto Haro Sánchez** y **William Miguel Ocampo Taco**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación, ***DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA”***, siendo el MSc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Wilson Roberto Haro Sánchez

C.I.: 180488851-7

.....
William Miguel Ocampo Taco

C.I.: 172190159-1



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA””

De los Sres. **Wilson Roberto Haro Sánchez**, y **William Miguel Ocampo Taco** de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019

El Tutor

.....
MSc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

C.I: 050265642-4



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, los postulantes **Wilson Roberto Haro Sánchez**, y **William Miguel Ocampo Taco** con el título de Proyecto de Investigación: ***“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA”*** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
MSc. Edwin Marcelo Lema Guamán
C.C.: 030224135-1

Lector 2
MSc. Gabriel Napoleón Pesántez Palacios
C.C.: 030189388-9

Lector 1
MSc. Franklin Hernán Vásquez Teneda
C.C.: 171043449-7

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero expresar mi gratitud a Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida universitaria, brindándome paciencia y sabiduría.

A mi familia y amigos por estar siempre presentes.

Agradezco a nuestro director de tesis MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

Wilson

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino.

A mis Padres; Roberto y María, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible

Asimismo, agradezco infinitamente a mi Hermano Christian quien me ha cuidado y protegido desde siempre.

De igual forma, agradecer a nuestro Director de Tesis MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado, que gracias a sus consejos y correcciones hoy podemos culminar este trabajo. A los Profesores que nos han visto crecer como personas, y gracias a sus conocimientos hoy podemos sentirnos dichosos y contentos.

Finalmente a todos y cada uno de mis familiares y amigos, que en su momento me brindaron su apoyo.

Miguel

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres Angel Haro y Rosa Sánchez, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás lo hubiese logrado.

A mis hermanos Renato y Sandy por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Wilson

DEDICATORIA

A mis padres Roberto y María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

De igual manera a primo Juan Carlos, quien siempre me ha brindado su apoyo.

Miguel

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS	xv
INDICE DE ECUACIONES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
Título del Proyecto.....	1
Fecha de inicio	1
Fecha de finalización	1
Lugar de ejecución.....	1
Facultad que auspicia	1
Carrera que auspicia.....	1
Proyecto de investigación vinculado.....	1
Equipo de Trabajo	1
Área de Conocimiento	1
Línea de investigación	1
Sub líneas de investigación de la Carrera	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1 Formulación problemática	4
6. OBJETIVOS	5
6.1 General.....	5
6.2 Específicos	5

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1 Antecedentes	7
8.1.1 Iluminación.....	7
8.1.2 Generación fotovoltaica.....	7
8.5 Sistemas de iluminación	9
8.5.1 Iluminación general.....	9
8.5.2 Iluminación general localizada.....	9
8.5.3 Iluminación localizada.....	10
8.6 Magnitudes luminosas	10
8.6.1 Flujo luminoso	10
8.6.2 Iluminancia	11
8.6.3 Intensidad luminosa	11
8.6.4 Luminancia	11
8.6.5 Eficacia luminosa	12
8.7 Iluminación de instalaciones deportivas (UNE - EN 12193).....	13
8.7.1 Cuadrícula de referencia para cálculo y medición	13
8.7.2 Mantenimiento.....	13
8.7.3 Iluminación del área de espectadores	14
8.8 Iluminación de aparcamientos (UNE - EN 13201).....	14
8.9 Limitación del deslumbramiento	14
8.9.1 Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).....	14
8.9.2 Índice de deslumbramiento (GR)	16
8.10 Ubicación de las torres de luminarias	17
8.11 Clases de alumbrado	19
8.12 Uniformidad de la iluminación horizontal	20
8.13 Tipos de luminarias	20
8.13.2 Vapor de mercurio de alta presión.....	20
8.13.3 Vapor de sodio de alta presión	21
8.13.4 LED	21
8.14 Eficiencia energética de las instalaciones	22

8.15 Radiación Solar	22
8.16 Energía solar fotovoltaica	23
8.17 Tipos de Células.....	24
8.17.1 Célula Monocristalino	24
8.17.2 Células Policristalino	24
8.17.3 Células Amorfo	25
8.18 Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos	25
8.18.1 Estimación de consumo	25
8.18.2 Numero de módulos fotovoltaicos.....	26
8.18.3 Capacidad del sistema de acumulación	27
8.18.4 Regulador	28
8.18.5 Inversor DC/AC.....	28
8.19 Instalaciones aisladas de la Red Eléctrica.....	29
8.20 Protección de sistemas fotovoltaicos	29
8.20.1 Protección de cadena	29
8.20.2 Selección de fusibles para protección de cadena.....	30
8.21 Protecciones para Sistemas AC	31
8.21.1 Interruptor termomagnético	31
8.22 Caída de voltaje.....	31
8.22.1 Caída de voltaje en monofásico.....	32
9. PREGUNTA CIENTÍFICA.....	33
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	33
10.1 Métodos de Investigación	33
10.1.1 Método Estadístico:.....	33
10.1.2 Método analítico:.....	33
10.2 Tipos de Investigación	33
10.2.1 Investigación de campo:.....	33
10.3 Técnicas de investigación	33
10.3.1 Simulación.....	33
10.3.2 Observación.....	33
10.4 Instrumentos.....	34
10.4.1 Luxómetro:	34

10.4.2 Software Dialux:.....	34
10.4.3 Software AutoCAD:.....	34
10.4.3 Software Meteonorm.	34
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35
11.1 Ubicación del Complejo Deportivo “La Bombonerita”.....	35
11.2 Descripción del Complejo Deportivo “La Bombonerita”.....	35
11.3 Levantamiento del plano estructural del complejo deportivo	36
11.4 Evaluación del sistema de iluminación actual.	36
11.5 Plano unifilar de la instalación actual	38
11.6 Ubicación de las luminarias del campo exterior.	38
11.7 Diseño de los sistemas de iluminación en Dialux	41
11.7.1 Repotenciación de sistema de iluminación convencional	42
11.7.2 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación convencional	44
11.7.3 Cambio total a sistema de iluminación LED.....	44
11.7.4 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación LED	46
11.8 Determinación del sistema de iluminación	47
11.9 Diseño del sistema de generación fotovoltaica	47
11.9.1 Definición del sistema	47
11.9.2 Radiación solar disponible en el sitio de estudio.....	48
11.9.3 Orientación e inclinación.....	48
11.9.3 Cálculo del sistema fotovoltaico para el suministro del sistema de iluminación LED	49
11.10 Caídas de voltaje	52
11.11 Protecciones	53
11.11.1 Termomagnéticas	53
11.11.2 Fusibles.....	54
11.11.3 Seccionadores	55
11.11.4 Puesta a tierra	55
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	57
12.1 Sistema de iluminación	57
12.2 Sistema fotovoltaico.....	57
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	58
13.1 Rentabilidad de la Inversión del sistema de generación fotovoltaica	59

13.1.1 Valor Actual Neto (VAN)	60
13.1.2 Tasa interna de rendimiento/retorno (TIR).....	60
13.1.3 Ingresos.....	60
13.1.4 Egresos	61
13.1.5 Resultados.....	61
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
14.1 Conclusiones	63
14.2 Recomendaciones.....	64
BIBLIOGRAFÍA	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Característica del alumbrado general	9
Figura 2. Distribución de la luz de un sistema de alumbrado general localizado	10
Figura 3. Luminancia.....	12
Figura 4. Esquema para el Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).....	15
Figura 5. Posiciones de observador (1-11) para cálculos de GR.....	16
Figura 6. Esquema para el Índice de Deslumbramiento (GR).....	17
Figura 7. Deslumbramiento por la iluminación artificial (1).....	18
Figura 8. Deslumbramiento por la iluminación artificial (2).....	18
Figura 9. Diseño de 4 y 3 poste para iluminación lateral.....	19
Figura 10. Conversión de energía solar fotovoltaica.....	23
Figura 11. Módulo de celdas monocristalinas.....	24
Figura 12. Módulo de celdas policristalinas.....	24
Figura 13. Módulo de Silicio amorfo (a-Si).....	25
Figura 14. a) Circuito equivalente de una línea corta; b) Diagrama vectorial.....	31
Figura 15. Emplazamiento del Complejo Deportivo " La Bombonerita" y propiedad del Sr. René Sigchos.....	35
Figura 16. Plano estructural del Complejo Deportivo "La Bombonerita".....	36
Figura 17. a) Resultados de las medidas tomadas con el luxómetro Allosun EM 2243 del sistema actual de iluminación; b) Resultados de la simulación del sistema de iluminación actual.....	37
Figura 18. Plano unifilar del sistema eléctrico actual del complejo.....	38
Figura 19. Medidas del campo exterior proyectado por el complejo deportivo "La Bombonerita"	39
Figura 20. Esquema de cálculo de la altura y distancia mínima para la instalación de fuentes de luz.....	39
Figura 21. Esquema para el cálculo de la distancia mínima para la ubicación de la torres de iluminación	40
Figura 22. Esquema para la ubicación de los torres de iluminación.....	41
Figura 23. Iluminancia: a) Área de aparcamiento; b) Campo exterior; c) Coliseo (caso repotenciación).....	42

Figura 24. Iluminancia: a) Área de aparcamiento; b) Campo exterior; c) Coliseo (caso cambio a iluminación LED)	45
Figura 25. Conexión de la puesta a tierra para el sistema fotovoltaico.	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Anexo A de la EN-12193, números de puntos de cuadrícula para fútbol 5/6.	13
Tabla 2. Nivel de iluminancia para aparcamientos según la UNE - EN 13201.....	14
Tabla 3. Criterio de Hopkinson para el UGR.	15
Tabla 4. Criterio para el GR.....	17
Tabla 5. Selección de clase de alumbrado según la UNE - EN 12193.....	19
Tabla 6. Tabla de requisitos mínimos para la iluminación de recintos deportivos de fútbol (5/6).	20
Tabla 7. Capacidad de protección en función del calibre del conductor	31
Tabla 8. Iluminancia media y uniformidad del sistema actual.	37
Tabla 9. Características de las luminarias usadas en la simulación con tecnología convencional [Autores].	42
Tabla 10. Resultados de la repotenciación del sistema de iluminación convencional.	43
Tabla 11. Resumen de los resultados del VEEI para el sistema de iluminación convencional. ...	44
Tabla 12. Características de las luminarias usadas en la simulación con tecnología LED.....	44
Tabla 13. Resultados del sistema de iluminación LED.	45
Tabla 14. Resultados del VEEI para el sistema de iluminación convencional.	46
Tabla 15. Radiación Global incidente en un superficie horizontal en Pedro Vicente Maldonado (kWh/m ² día).	48
Tabla 16. Valor K a una inclinación de 15°.....	48
Tabla 17. Radiación Global incidente en un superficie inclinada a 15° (kWh/m ² día).	49
Tabla 18. Consumo teórico de energía eléctrica para el sistema de iluminación convencional. ..	49
Tabla 19. Caídas de voltaje en AC para el sistema de iluminación LED.	52
Tabla 20. Caídas de voltaje en DC para el sistema de iluminación LED.	53
Tabla 21. Protecciones termomagnéticas para el sistema de iluminación LED.	54
Tabla 22. Costo del Sistema de Iluminación LED.....	58
Tabla 23. Costo del Sistema de generación Fotovoltaica.	59
Tabla 24. Facturación por consumo de energía.	60
Tabla 25. Ingresos anuales por ahorro de pago de energía a la EEQ (\$ 0.081 kWh).	61
Tabla 26. Rentabilidad del proyecto.	61
Tabla 27. Precio del kWh para la rentabilidad del proyecto en tres escenarios.	62

INDICE DE ECUACIONES

(1) Flujo luminoso	10
(2) Iluminancia.....	11
(3) Intensidad luminosa	11
(4) Luminancia.....	12
(5) Eficacia luminosa	12
(6) Uniformidad de la iluminación horizontal	20
(7) Eficiencia energética de las instalaciones	22
(8) Estimación de consumo	25
(9) Numero de módulos conectados en serie	26
(10) Número de módulos conectados en paralelo.....	26
(11) Número de total módulos a utilizarse	27
(12) Capacidad del sistema de acumulación	27
(13) Calculo de baterías en serie.....	27
(14) Calculo de Baterías en paralelo.....	27
(15) Numero de baterías a utilizar	27
(16) Regulador	28
(17) Inversor DC/AC	28
(18) Régimen de cable	30
(19) Corriente de cortocircuito máxima	30
(20) Régimen de corriente de fusible mínimo	30
(21) Régimen de corriente fusible máximo	30
(22) Régimen de voltaje de fusible mínimo	30
(23) Caída de voltaje	31
(24) Potencia transportada	32
(25) Caída de voltaje en monofásico	32
(26) Caída de voltaje en monofásico	32

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA””

Autores: Wilson Roberto Haro Sánchez

William Miguel Ocampo Taco

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se desarrolló el estudio luminotécnico del sistema actual del Complejo Deportivo “La Bombonerita”, con el cual se determinó que el nivel de iluminación es inferior al permitido por las normativas; **UNE-EN 12193:** *Iluminación de instalaciones deportivas* y **UNE-EN 13201:** *Iluminación de aparcamientos*. Motivo por el cual se efectuó el diseño y análisis de dos sistemas de iluminación en base a tecnologías convencionales y LED mediante el software Dialux. Los resultados obtenidos de estas simulaciones han permitido establecer que el sistema de iluminación que cumple con estas normativas, es el desarrollado en base a tecnología LED. El mismo que será energizado con un sistema de generación fotovoltaica concentrada, con una potencia instalada de 7.2 kWp, distribuida en 20 módulos monocristalinos de 360 Wp y una eficiencia de 18%, los cuales en condiciones de radiación de 1000 W/m² entregan 7 kW, el sistema de acumulación constará de 20 baterías de descarga profunda a 150 Ah/12V, un regulador de carga MPPT de 30 A/240 V y el inversor de 5 kW/80-800V. En conclusión el uso de luminarias con tecnología LED, permite obtener un sistema iluminación eficiente, que en conjunto con el sistema fotovoltaico contribuirán en la preservación ambiental.

Palabras claves: Batería, Dialux, generación fotovoltaica concentrada, radiación, inversor, monocristalinos, regulador, tecnología LED, convencional.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCES AND APPLIED ENGINEERING

THEME: "DESIGN OF AN LIGHTING SYSTEM, FEED BY PHOTOVOLTAIC GENERATION FOR THE SPORTS COMPLEX" LA BOMBONERITA ""

Authors: Wilson Roberto Haro Sánchez

William Miguel Ocampo Taco

ABSTRACT

In this project research was developed the luminous technical study of the current system of the Sport Complex "La Bombonerita", which was determined that the level of illumination is inferior to that allowed by the norms; **UNE-EN 12193: *Lighting of sports facilities*** and **UNE-EN 13201: *Lighting of car parks***. This is the reason for the design and analysis of two lighting systems based on conventional and LED technologies using the Dialux software. The results obtained from these simulations have allowed to establish that the lighting system that complies with these norms, is the one developed on the basis of LED technology. The same will be energized with a concentrated photovoltaic generation system, with an installed power of 7.2 kWp, distributed in 20 monocrystalline modules of 360 Wp and an efficiency of 18%, which in radiation conditions of 1000 W / m² deliver 7 kW, the accumulation system will consist of 20 deep discharge batteries at 150 Ah / 12V, a 30 A / 240 V MPPT charge regulator and the 5 kW / 80-800V inverter. In conclusion, the use of luminaires with LED technology, allows to obtain an efficient lighting system, which together with the photovoltaic system will contribute to the environmental preservation.

Keywords: Battery, Dialux, concentrated photovoltaic generation, radiation, inverter, monocrystalline, regulator, LED technology, conventional.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **WILSON ROBERTO HARO SÁNCHEZ** y **WILLIAM MIGUEL OCAMPO TACO**, cuyo título versa ***“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA”***”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

LIC. JOSE IGNACIO ANDRADE
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050310104-0



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Diseño de un sistema de iluminación, alimentado mediante generación fotovoltaica para el complejo deportivo “La Bombonerita” en el cantón Pedro Vicente Maldonado-Pichincha.

Fecha de inicio

28 de marzo de 2019

Fecha de finalización

08 de agosto de 2019

Lugar de ejecución

San Carlos – Pedro Vicente Maldonado – Pedro Vicente Maldonado – Pichincha – Zona 3 – Complejo Deportivo “La Bombonerita”

Facultad que auspicia

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia

Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado

Equipo de Trabajo

- Ing. MSc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado (**Tutor**)
- Haro Sánchez Wilson Roberto
- Ocampo Taco William Miguel

Área de Conocimiento

Ingeniería, industria y construcción.

Línea de investigación

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera

Eficiencia energética y desarrollo sostenible.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, ALIMENTADO MEDIANTE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO “LA BOMBONERITA” EN EL CANTÓN PEDRO VICENTE MALDONADO-PICHINCHA” da a conocer varios conceptos de sistemas de iluminación y sistemas de generación fotovoltaica.

Las variables que se consideran en el presente diseño, son la naturaleza de la actividad a realizar, la reflexión de los objetos y del entorno de las inmediaciones. Las instalaciones donde se realizan cualquier tipo de actividad, están sujetas a tener un sistema de iluminación el cual cumpla con las condiciones y parámetros recomendados en las normativas nacionales e internacionales.

El objetivo principal es realizar un diseño de iluminación que cumpla con las normas nacionales e internacionales, considerando parámetros de iluminación uniforme, ausencia de deslumbramientos, luminancia óptica, condiciones de contraste adecuadas, ausencia de efectos estroboscópicos y colores acordes a la actividad a realizar dentro del entorno. Se utilizará el simulador Dialux para obtener los resultados luminotécnicos deseados. Conjuntamente se diseñará un sistema de generación fotovoltaica, el cual permitirá abastecer el sistema de iluminación.

La adquisición de datos de radiación solar se lo hará a través del software Meteonorm, el mismo presenta series de tiempo desde el 2010 hasta la actualidad y un sofisticado modelo de interpolación, con lo cual brinda datos estadísticos de todo el globo terráqueo más confiables, los cuales servirán para el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaica. Para el sistema de iluminación la metodología se basará en simulaciones en el programa Dialux.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Con el alto nivel de concurrencia en horas de la noche por parte de los habitantes del cantón Pedro Vicente Maldonado al complejo deportivo “La Bombonerita”, el consumo de energía del sistema de iluminación existente es representativo, añadiendo a esto la demanda que se producirá por parte de la proyección del sistema de iluminación de la segunda instalación deportiva, incrementará la demanda eléctrica, motivo por el cual el diseño de un sistema de generación fotovoltaico es sustentado bajo la regulación Nro. ARCONEL - 042/18, denominada "*Micro-generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica*", emitida por el ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), la cual se basa en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica que señala en el “*Artículo 26.- Energías renovables no convencionales. - El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía*”.

Los sistemas de iluminación deben ser diseñados bajo parámetros de calidad, los cuales están determinados en las normativas, los diferentes niveles y criterios de iluminación vienen establecidos para cada actividad que se deba realizar en determinada instalación, con el fin de no afectar el desarrollo óptimo de las mismas. Por lo cual es importante realizar un estudio donde se analice las diferencias, costos, beneficios y relación con el ambiente, sobre las distintas tecnologías de iluminación existentes en el mercado. Para posteriormente realizar el diseño de distribución del sistema de iluminación, al igual que las protecciones que debe contar cada una de ellas. Mediante el conjunto de procedimientos y reglas adoptados de las normas nacionales e internacionales.

El complejo deportivo es el principal beneficiario, debido a que obtendrá el estudio adecuado para la posible implementación del sistema de iluminación de calidad alimentado mediante un sistema de generación fotovoltaico autónomo, de acuerdo a las normas nacionales e internacionales vigentes.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Dentro de los beneficiarios del presente proyecto de investigación están los deportistas; ya que se encontraran en un entorno correctamente iluminado, lo cual permitirá desarrollar sus actividades deportivas sin algún tipo de perturbación visual. Por otra parte los espectadores que acuden al complejo deportivos también serán beneficiados, debido a que podrán disfrutar de la actividad deportiva con niveles adecuados de iluminación.

Directos: El diseño del presente proyecto de investigación beneficiara al Complejo Deportivo “La Bombonerita”

Indirectos: Deportistas y espectadores

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El complejo deportivo “La Bombonerita” ubicado en el cantón Pedro Vicente Maldonado perteneciente a la provincia de Pichincha, cuenta con un nivel alto de concurrencia de deportistas y espectadores, lo cual conlleva a un uso diario de las instalaciones en horario nocturno, razón por la cual la demanda de energía para iluminación es representativa.

El complejo posee dos instalaciones deportivas, la primera cuenta con iluminación a base de 12 lámparas de sodio de alta presión, en la cual en primera instancia se puede observar que la iluminación no es uniforme en el campo de juego, debido a la ubicación actual en que se encuentran las mismas, por lo que las actividades deportivas no se desarrollan de manera adecuada. Este conjunto de lámparas presentan un consumo de 4.25 kW, de 6 pm a 11 pm.

La segunda instalación no cuenta con un sistema de iluminación actualmente, por lo que el complejo no puede satisfacer la afluencia de deportistas en horario nocturno, motivado por esto, el complejo ha proyectado la instalación un sistema de iluminación. Lo cual añadido al consumo de la primera instalación elevara el coste económico mensual de facturación por parte de la empresa distribuidora, en dependencia de la tecnología a ser instalada en la misma.

5.1 Formulación problemática

¿Cuál será la configuración para los sistemas de iluminación y fotovoltaico que permita cubrir los niveles de calidad establecidos en las normas nacionales e internacionales para el complejo deportivo “La Bombonerita”?

6. OBJETIVOS

6.1 General

Diseñar un sistema de iluminación alimentado mediante generación fotovoltaica para el complejo deportivo “La Bombonerita” en el cantón Pedro Vicente Maldonado-Pichincha.

6.2 Específicos

- Recopilar información teórica de fuentes bibliográficas y trabajos de investigación referente al diseño de sistemas de iluminación y generación fotovoltaica autónoma.
- Realizar el estudio luminotécnico del sistema de iluminación actual, sistema de iluminación repotenciado, y sistema de iluminación LED mediante investigación de campo y el software Dialux.
- Dimensionar los diferentes equipos y materiales adecuados para el diseño correcto del sistema de iluminación y fotovoltaico.
- Realizar el análisis técnico-económico para los sistemas propuestos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVO	ACTIVIDADES	RESULTADOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Recopilar información teórica de fuentes bibliográficas y trabajos de investigación referente al diseño de sistemas de iluminación y generación fotovoltaica autónoma.	Investigación de las normas existentes acerca de la iluminación de espacios deportivos. Obtención de información sobre sistemas de iluminación. Estudio de la metodología para el diseño de sistemas fotovoltaicos	Parámetros para el diseño de sistemas de iluminación en instalaciones deportivas Tipos de tecnologías de iluminación existentes. Metodología para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos.	Investigación bibliográfica Tesis Libros Manuales Normativas
Realizar el estudio luminotécnico del sistema de iluminación actual, sistema de iluminación repotenciado, y sistema de iluminación LED mediante investigación de campo y el software Dialux.	Levantamiento del plano unifilar y evaluación del sistema actual de iluminación complejo deportivo “La Bombonerita”. Análisis comparativo de los diferentes tipos de luminarias existentes en el mercado. Diseño del sistema de iluminación, basado en las normas nacionales e internacionales.	Evaluación del sistema de iluminación actual del complejo Plano unifilar del sistema actual Sistema de iluminación acorde con la normativa para instalaciones deportivas	Investigación de campo Simulación Luxómetro AutoCAD Dialux
Dimensionar los diferentes equipos y materiales adecuados para el diseño correcto del sistema de iluminación y fotovoltaico autónomo.	Diseño del sistema de generación fotovoltaica que cumpla con los requerimientos establecidos. Diseño del sistema de distribución.	Equipos necesarios para los sistemas de iluminación y fotovoltaico. Plano unifilar del sistema de iluminación y fotovoltaico propuesto	Simulación Meteonorm Excel AutoCAD Catálogos
Realizar el análisis técnico-económico para los sistemas propuestos.	Análisis del costo de inversión del proyecto.	Factibilidad del proyecto	Excel

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Antecedentes

8.1.1 Iluminación

El consumo no eficiente de la energía eléctrica a nivel mundial ha originado inquietud en la comunidad científica y tecnológica, esto ha motivado el estudio y desarrollo de nuevos sistemas que permitan mejorar la eficiencia de operación y por ende produzcan un considerable ahorro de la energía eléctrica. La iluminación es uno de los usos básicos de la energía en el mundo. Hoy, la iluminación representa alrededor del 19% del consumo eléctrico mundial. Es por ello que la actual tendencia en el diseño y construcción de nuevas fuentes luminosas se encuentre dirigida hacia la incorporación de lámparas más eficaces, las mismas que permitirán obtener ahorros en el consumo de energía eléctrica, mejorar las características de eficacia y eficiencia, así como el índice de rendimiento de color, vida útil promedio y temperatura de color [1].

Desde el punto de vista del desarrollo de la actividad deportiva en primera persona, es muy importante una iluminación adecuada, tanto como para distinguir implementos deportivos, así como deportista en movimiento, de igual forma para los espectadores y árbitros esta condición se debe cumplir. Esto se complementa con lo expuesto por Condori [2] en su investigación en la cual señala que los deportistas deben poder desarrollar su actividad con una luz intensa, con buena reproducción de los colores, sin deslumbramientos y con una luz que no ilumine donde no debe para no provocar distracciones o falsas percepciones. Deben desarrollar su actividad de una forma segura y fácil. Al diseñar sus soluciones de alumbrado para instalaciones deportivas de primera clase, debe considerar las necesidades de los jugadores, los espectadores y los telespectadores, pero también debe pensar en la gente que vive cerca. Para cumplir todos estos requisitos, es necesario contar con un equipo técnico de ingeniería que desarrolle una solución global que tenga en cuenta el entorno es su totalidad ya que, al mismo tiempo, la contaminación lumínica debe mantenerse a un nivel mínimo para no afectar a la calidad de vida de la gente que vive cerca.

8.1.2 Generación fotovoltaica

A lo largo de los últimos años, el mercado de las energías renovables se ha consolidado como un mercado energético fuerte, y creciente en todas sus vertientes a nivel mundial. Existen innumerables razones que hacen incontenible la expansión que está sufriendo. Entre ellas,

destacan los compromisos existentes en materia de reducción de emisiones de carbono, y el deseo de los países de disminuir su dependencia energética en combustibles fósiles [3].

El país que más contribuye a este rápido crecimiento es China, con una ventaja importante con respecto al resto de países. En el año 2015 se instalaron 15,2 GW, mientras que en el año 2016 esta cifra se duplicó con creces, llegando a los 34,45 GW instalados. En 2017, confirmando su dominio en los mercados, en China se instalaron 53 GW, lo que implica que China instaló aproximadamente un 51% de la potencia total mundial instalada.

Haciendo referencia a España el uso de la energía fotovoltaica al ser una fuente de energía limpia tiene una buena aceptación para su instalación para el ámbito de autoconsumo. En muchos sectores como el agrícola, vitivinícola y el hotelero, las empresas han decidido apostar por la tecnología fotovoltaica porque contribuya a reducir de manera importante los costes de aprovechamiento de energía eléctrica. A pesar de que el autoconsumo tiene una normativa poco amigable, entre la que destaca el conocido como impuesto al sol, un peaje que deben pagar las instalaciones que superan los 10 kW [4].

En América Latina expresa que existen diversas organizaciones mundiales y regionales sobre las distintas fuentes de energía (FE). Unas incluyen todas las fuentes de energía como la IEA (Agencia Internacional de Energía) y la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) [5]. En Latinoamérica Chile lidera revolución solar con millonarias inversiones y un marco jurídico sólido para empresas nacionales y extranjeros Green Tech Media (GMT) [5].

En Ecuador el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (Arconel) aprobó a fines de octubre una normativa para viabilizar la microgeneración con radiación solar en el país. Mediante esta iniciativa, los usuarios cuyo consumo de energía sea alto, podrán instalar paneles solares para cubrir su demanda. Estos aparatos deben tener una capacidad de hasta 500 kW. Los interesados en colocar este tipo de paneles deben realizar un estudio para determinar la demanda del servicio y en función de eso construir una microcentral de generación fotovoltaica. Aparte de los paneles se debe instalar un medidor bidireccional. Este permite medir la energía que el cliente recibirá, en algunas circunstancias, de la red eléctrica y el recurso producido con radiación solar, que entregará a este sistema. Así, en el caso de que se produzca una diferencia entre la producción de energía fotovoltaica y el consumo mensual, el cliente podrá adquirir el recurso de la empresa distribuidora. Y cancelará solo por la cantidad extra [6].

8.5 Sistemas de iluminación

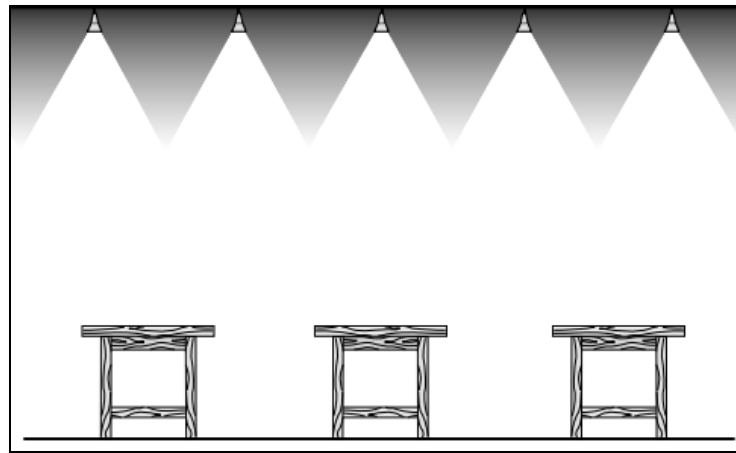
Los sistemas de iluminación se conforman por un conjunto de luminarias distribuidas de manera estratégica, según sean los requerimientos de la actividad que se desarrolla en determinada área, se puede distinguir 3 sistemas de iluminación los cuales son:

8.5.1 Iluminación general

La iluminación general es un método de distribución uniforme de luz que produce en todos los sitios de un salón idénticas condiciones de visión. Este método es el más empleado en oficinas, almacenes, aulas de clase, fábricas, y en aquellos sitios donde se busquen buenas condiciones de alumbrado general [7].

En la Figura 1, se aprecia que las características de este alumbrado son: uniformidad de luz e idénticas condiciones de visión, en cualquier punto del sitio iluminado.

Figura 1. Característica del alumbrado general.

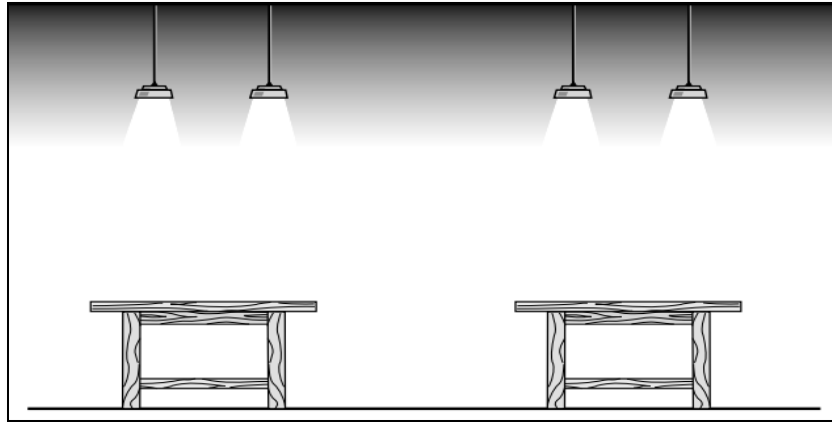


Fuente: [8].

8.5.2 Iluminación general localizada

La característica de este tipo de iluminación es que proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso, se ilumina con una luz más tenue [9].

Figura 2. Distribución de la luz de un sistema de alumbrado general localizado



Fuente: [8].

En la Figura 2, se observa que este tipo de iluminación tiene la característica de obtener un ahorro energético puesto que la luz se concentra en los lugares donde es requerida, esta diferencia de luminancias entre zonas de trabajo y zonas de tránsito, puede producir deslumbramiento.

8.5.3 Iluminación localizada

Este tipo de alumbrado se emplea en caso de necesitar una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico son las lámparas de escritorio. Se recurre a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux, haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general [9].

8.6 Magnitudes luminosas

Las magnitudes luminosas proporcionan información sobre las características técnicas de las luminarias para poder clasificarlas, compararlas y ver la relación que existe entre ellas y poder decidir que luminarias son más adecuadas, para cada tipo de actividad.

8.6.1 Flujo luminoso

Es la cantidad de energía, en forma luminosa, emitida por una fuente. Su unidad es el lumen (lm) y su símbolo es Φ .

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

Dónde:

Q : Cantidad de luz emitida por segundo [lm];

t : Tiempo [s].

8.6.2 Iluminancia

Es una medida para la densidad del flujo luminoso. Se ha definido como la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie y el área de la misma. La iluminancia no está sujeta a una superficie real, se puede determinar en cualquier lugar del espacio, y puede derivar de la intensidad luminosa [10].

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2)$$

Dónde:

Φ : Flujo luminoso [lm];

A: Unidad de superficie [m²].

La iluminancia, además, disminuye con el cuadrado de la distancia desde la fuente de luz (ley fotométrica de distancia).

8.6.3 Intensidad luminosa

Se define como el flujo luminoso emitido en el interior de un ángulo sólido de 1 estereorradián (28.6 grados sólidos), por una fuente puntiforme de igual a 1 candela. Para aclarar esta definición, se puede agregar que una fuente luminosa que emite un 1 candela en todas las direcciones (360 grados sólidos) proporciona un flujo luminoso de $4\pi = 12.57$ lumen [11].

$$I = \frac{\Phi}{w} \quad (3)$$

Dónde:

Φ : Flujo luminoso contenido en el ángulo sólido [lm];

w: Ángulo sólido en estereorradianes.

8.6.4 Luminancia

También se denomina brillo fotométrico. Se define como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria (que produce la luz) o secundaria (que refleja la luz [9]).

$$L = \frac{I}{A_p} \quad (4)$$

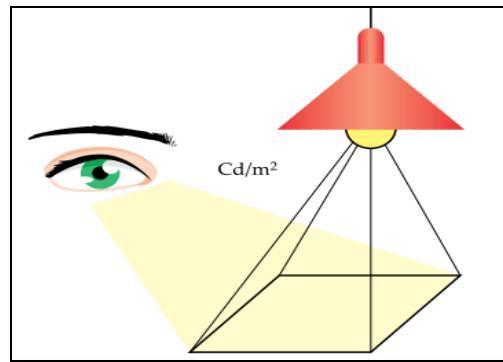
Dónde:

I : Intensidad luminosa [cd];

A_p : Área aparente [m²].

En la Figura 3, se observa de mejor manera el fenómeno de luminancia obtenida por el reflejo de un área aparente determinada.

Figura 3. Luminancia.



Fuente: [9].

8.6.5 Eficacia luminosa

La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo de luz que emite dividida por la potencia eléctrica consumida en su obtención.

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \quad (5)$$

Dónde:

Φ : Flujo luminoso [lm];

W : Potencia consumida [W].

Indica la eficiencia con la que la energía eléctrica es transformada en luz. Tiene un valor límite teórico de 683 lm/W, aunque en la realidad las cifras para las lámparas que se encuentran en el mercado están muy alejadas de este valor [12]. En la definición de eficacia luminosa no se tiene en cuenta la potencia consumida por los equipos auxiliares (potencia de pérdidas); sin embargo, este consumo debe considerarse al analizar el funcionamiento de la lámpara.

8.7 Iluminación de instalaciones deportivas (UNE - EN 12193)

Norma española para la iluminación de instalaciones deportivas, la cual se adopta sin modificación de la norma europea aprobada por el CEN (Comité Europeo de Normalización) en 1999-07-23, esta normativa establece dos áreas de estudio:

- **Área principal:** Es el área real necesaria para el desarrollo de algún deporte, lo cual normalmente indica el área de campo real marcada para ese deporte (fútbol), pero en ciertos casos esta área se extiende alrededor del área marcada (tenis, voleibol) [13].
- **Área Total:** Esta comprende el área principal (PA), más una área de seguridad adicional fuera del área principal [13].

8.7.1 Cuadrícula de referencia para cálculo y medición

Para la verificación de los niveles de alumbrado de una instalación se requiere mediciones de la iluminancia in situ. Es aconsejable definir una cuadrícula específica, de tal manera que el proyectista lleve a cabo los cálculos y mediciones necesarias [13].

Tabla 1. Anexo A de la EN-12193, números de puntos de cuadrícula para fútbol 5/6.

Actividad		Área de referencia		Número de puntos de cuadrícula.	
		Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura
Fútbol (5/6)	PA	30 a 40	18.50 a 20	13 a 15	9
	TA	44	24	15	9

Fuente: [13].

En la Tabla 1, se muestra la cantidad de puntos de cuadrícula que se debe considerar para el diseño, cálculo y medición del sistema de iluminación para un campo de juego destinado a la práctica de fútbol 5/6.

8.7.2 Mantenimiento

El nivel de iluminación proporcionado por una instalación de alumbrado disminuirá a lo largo de la vida como resultado de [13]:

- Depreciación de las lámparas y luminarias;
- Acumulación de suciedad en las lámparas y luminarias;
- Depreciación de las superficies de las salas;
- Valor de supervivencia de las lámparas

Si lo que se quiere es satisfacer los parámetros originales de diseño a lo largo de la vida de la instalación, es necesaria la planificación de operaciones de mantenimiento. El factor de mantenimiento de no haber acuerdo entre proyectista y cliente, se usara el valor de 0.8 [13].

8.7.3 Iluminación del área de espectadores

Por confort visual, más que por razones de seguridad de los espectadores, el nivel de alumbrado debe ser al menos de 10 lux.

8.8 Iluminación de aparcamientos (UNE - EN 13201)

En la denominación del área de estacionamiento, se considera principalmente dos tipos de escenarios; las zonas de aparcamiento situados en el interior y muchas veces en la parte subterránea de los edificios, las cuales se denominan garajes, y las zonas de aparcamiento exterior las cuales se denominan aparcamientos. Se puede considerar un tercer escenario a los aparcamientos multinivel, aunque bien es verdad que muchas veces la iluminación que se realiza en ellos es muy parecida a los garajes subterráneos [14].

Tabla 2. Nivel de iluminancia para aparcamientos según la UNE - EN 13201.

Áreas de Aparcamiento	Iluminancia			
	Clases	Media	Máxima	Uniformidad
	Alto flujo, comercial turístico (CE 2)	20	48	≥ 0.4
	Normal (CE 3)	15	36	≥ 0.4
	Bajo flujo peatonal (CE 4)	10	24	≥ 0.4

Fuente: [15].

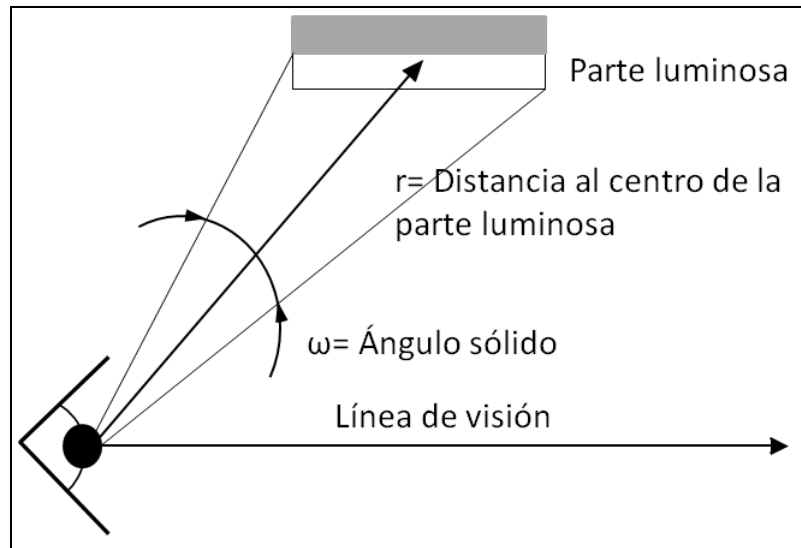
En la Tabla 2, se presentan los valores de iluminancia establecidos por la UNE - EN 13201, para zonas de aparcamiento exterior, así como el límite de uniformidad, con la que debe contar el sistema de iluminación del mismo.

8.9 Limitación del deslumbramiento

8.9.1 Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR)

El UGR se basa en una medida de la luminancia de un accesorio u objeto para una dirección específica de la línea de visión. Este modelo fue desarrollado por la comisión internacional de iluminación, CIE, para aplicaciones de iluminación de interiores (CIE 117-1995 - Discomfort Glare in Interior Lighting) [16].

Figura 4. Esquema para el Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR).



Fuente: [16].

Estos valores van desde 5 a 40, donde cualquier valor a 10 o menos es despreciable y cualquier valor por encima de 30 es deslumbrante, según el criterio de Hopkins, (ver Tabla 3). En general, se sabe que el UGR solo es preciso para tamaños de fuente pequeños. Se limita a tamaños de fuente entre 0.0003 estereorradianes y 0.1 estereorradianes. Esto corresponde aproximadamente a una bombilla incandescente estándar desde aproximadamente 7 m, hasta una luminaria de máximo de 0.91 m de ancho desde 3 m de distancia [16].

Tabla 3. Criterio de Hopkins para el UGR.

UGR	Criterio de Hopkins
10	Imperceptible
13	Casi perceptible
16	Perceptible
19	Casi aceptable
22	Inaceptable
25	Casi incomodo
28	Incomodo

Fuente: [16].

Para limitar el deslumbramiento en recintos para deportes de interior es necesario tomar medidas dependiendo del tipo de deporte. Estas medidas pueden ser el correcto posicionamiento y apantallamiento de fuentes de luz para evitar este efecto. El valor límite para cada actividad está especificado en la norma UNE - EN 12464-1 [13].

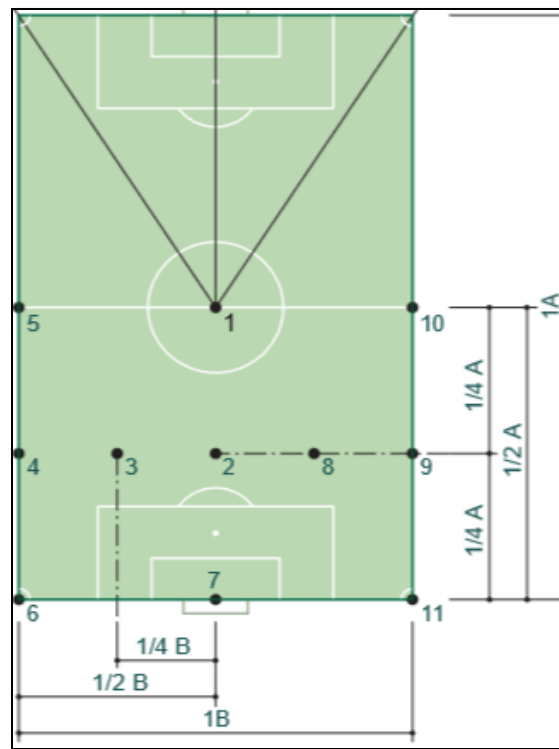
Una buena iluminación proporciona a los individuos, un ambiente agradable y estimulante, es decir, confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre esfuerzo visual, reduciendo el cansancio y dolores de cabeza producidos por una mala iluminación [17].

8.9.2 Índice de deslumbramiento (GR)

Los valores límites del GR para actividades deportivas en el exterior están especificadas en la norma C.I.E. n° 83. Este valor de deslumbramiento debe ser calculado para posiciones del observador y ángulos de visión acordados [13].

El valor GR se debe determinar para las posiciones del observador patrón del deporte en cuestión a una altura de 1.5 metros sobre el área donde se desarrolla la actividad deportiva, con el observador viendo a todos los puntos de malla a nivel del suelo [18]. En la Figura 5, se presenta las posiciones para el cálculo del índice de deslumbramiento, en un campo exterior de fútbol.

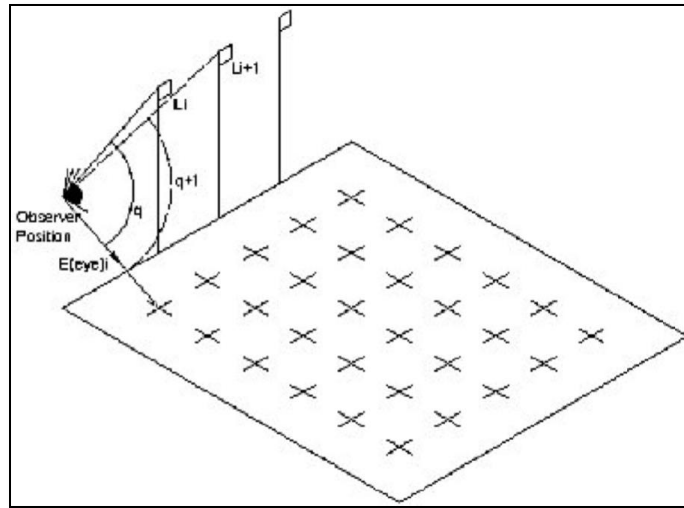
Figura 5. Posiciones de observador (1-11) para cálculos de GR.



Fuente: [18].

La clasificación del deslumbramiento se calcula en función de la iluminancia en el ojo cuando se observa cada punto en una serie de puntos desde una sola posición de observador [16]. Como se muestra a continuación en la Figura 6.

Figura 6. Esquema para el Índice de Deslumbramiento (GR).



Fuente: [16].

Este índice arroja valores que varían de 10 a 90, donde 10 y menos no se notan y 90 se considera insoportable. Para competiciones deportivas al aire libre, se recomienda que los GR permanezcan por debajo de 50 [16].

Tabla 4. Criterio para el GR.

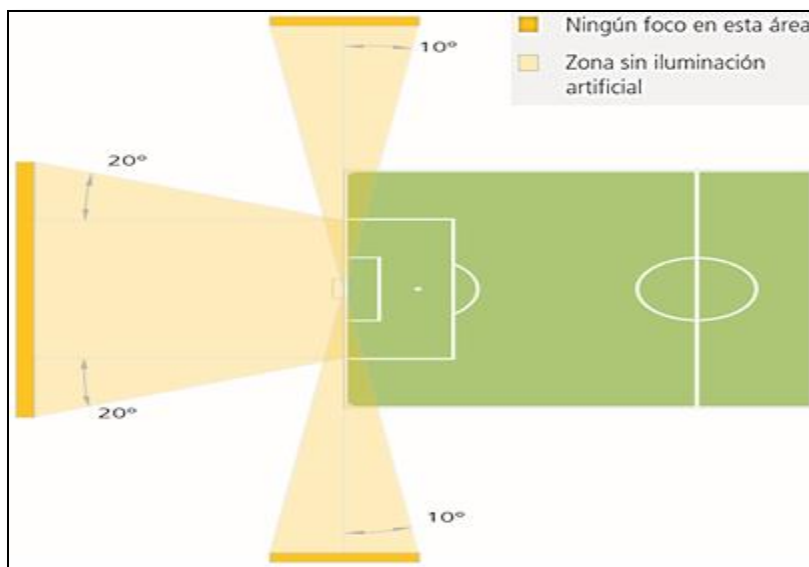
GR	Clasificación
10	Imperceptible
20	
30	Perceptible
40	
50	Casi admisible
60	
70	Perturbador
80	
90	Insoportable

Fuente: [16].

8.10 Ubicación de las torres de luminarias

El requisito más importante del diseño de sistemas de iluminación, es que nada deslumbe a jugadores y árbitros. A fin de mantener adecuadas condiciones visuales para el portero y los jugadores atacantes en los saques de esquina, no se colocará iluminación dentro de los 10 grados a ambos lados de la línea de meta, y 20° en referencia al área del portero [19]. En la Figura 7, se presenta las zonas donde no se debe colocar fuentes de iluminación.

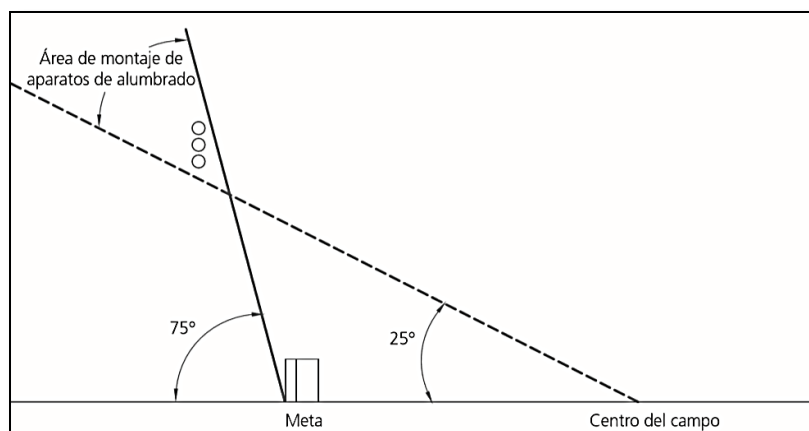
Figura 7. Deslumbramiento por la iluminación artificial (1).



Fuente: [19].

Otra consideración que establece la FIFA para evitar el deslumbramiento es la que detrás de la línea de meta, a fin de mantener adecuadas condiciones visuales para los jugadores atacantes frente a la meta, así como para los medios de vídeo en el lado opuesto del campo, no se colocará iluminación por debajo de los 25° sobre el punto central del campo de juego ni por debajo de los 75° sobre la horizontal del área de la meta [19].

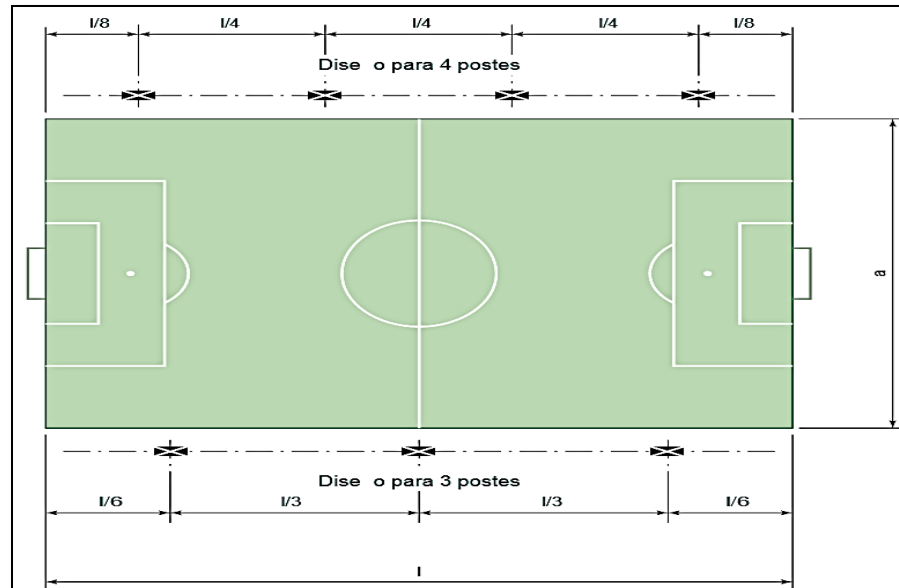
Figura 8. Deslumbramiento por la iluminación artificial (2).



Fuente: [19].

Las siguientes descripciones de sistemas de iluminación por proyección reflejan en gran medida las condiciones que son necesarias para el fútbol o juegos similares, pero generalmente serán satisfactorias cuando otros acontecimientos tengan lugar en el estadio [18].

Figura 9. Diseño de 4 y 3 poste para iluminación lateral.



Fuente: [18].

En la Figura 9, se presenta dos tipos de disposiciones laterales para los postes o torres de iluminación; en la parte superior se muestra un diseño 4 grupos de torres en cada lado del campo, y en la parte inferior muestra el diseño para 3 grupos de torres de iluminación.

8.11 Clases de alumbrado

La UNE - EN 12193 establece 3 tipos de alumbrado para escenarios deportivos, los cuales engloban desde competiciones internacionales, hasta eventos recreativos o deportes escolares. En la Tabla 5 se presentan las clases de alumbrado de acuerdo al nivel de competición.

Tabla 5. Selección de clase de alumbrado según la UNE - EN 12193.

Nivel de competición	Clase de alumbrado		
	I	II	III
Internacional y nacional	*		
Regional	*	*	
Local	*	*	*
Entrenamiento		*	*
Recreativo/deportes escolares (Educación física)			*

Fuente: [13].

8.12 Uniformidad de la iluminación horizontal

La uniformidad de la iluminancia horizontal del campo de juego viene expresada de la siguiente ecuación [13]:

$$\frac{E_{h \min}}{E_{h \text{ med}}} \geq 0.5 \quad (6)$$

Dónde:

$E_{h \min}$: Iluminancia horizontal mínima [lx];

$E_{h \text{ med}}$: Iluminancia horizontal media [lx].

En la Tabla 6, se muestra los niveles mínimos para la iluminación horizontal en recintos deportivos destinados a la práctica de fútbol (5/6).

Tabla 6. Tabla de requisitos mínimos para la iluminación de recintos deportivos de futbol (5/6).

Clase	Iluminancia horizontal		Índice de rendimiento de color
	$E_{\text{med}} (lx)$	$E_{\text{min}}/E_{\text{med}}$	
I	750	0.7	60
II	500	0.7	60
III	200	0.5	20

Fuente: [13].

8.13 Tipos de luminarias

8.13.2 Vapor de mercurio de alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión disponen de un tubo de descarga corto de vidrio de cuarzo, que contiene una mezcla de gas noble y mercurio. En ambos extremos del tubo están dispuestos los electrodos, muy cerca de uno de los cuales se encuentra un electrodo auxiliar adicional para el encendido de la lámpara [10].

- Ventajas

La luz de estas lámparas tiene un color blanco azulado.

- Desventajas

Alto consumo energético.

Eficacia luminosa media, entre 40 – 60 lm/W.

Necesitan un tiempo de calentamiento de algunos minutos y una fase de enfriamiento más larga antes del reencendido después de posibles cortes en el fluido eléctrico.

Para su funcionamiento es necesaria una reactancia (Circuito auxiliar).

8.13.3 Vapor de sodio de alta presión

Al igual que ocurre con el vapor de mercurio, también en las descargas de vapor de sodio se puede ampliar el espectro de la luz emitida mediante el aumento de la presión del vapor. Con la presión suficientemente alta se obtiene un espectro casi continuado con unas propiedades mejoradas de la reproducción cromática [10].

- **Ventajas**

La luz de estas lámparas tiene un color blanco cálido con una reproducción cromática de moderada a buena.

- **Desventajas**

Alto consumo energético.

Eficacia luminosa 60 lm/W.

Necesitan un tiempo de calentamiento de algunos minutos y una fase de enfriamiento más larga antes del reencendido después de posibles cortes en el fluido eléctrico.

Estas lámparas de alta presión funcionan con reactancia y cebador (Circuito auxiliar).

8.13.4 LED

Los LED constituyen una tecnología avanzada y novedosa, cuyo punto más destacable respecto a cualquier tipo de tecnología de iluminación es la eficiencia luminosa, que actualmente se encuentra entre 80-90 lúmenes/W, siendo la previsión alcanzar en los próximos años los 150 lúmenes/W [20].

- **Ventajas**

Menor consumo que las lámparas tradicionales.

Elevada durabilidad desde las 15.000h hasta las 50.000 horas, dependiendo de la calidad del LED.

Mantenimiento del Flujo Luminoso sobre el 70% original durante su vida útil.

No generan tanto calor como las tradicionales con el consiguiente ahorro en climatización.

Alto Índice de Reproducción Cromática

- **Desventajas del LED**

A partir de 65° la mayoría de los LED se estropean.

Requieren una elevada disipación térmica, si bien generan menos calor que las convencionales, el que genera es muy importante disiparlo, para ello es vital que los disipadores sean de aluminio y con mucha superficie de disipación.

El precio en comparación con las convencionales es bastante elevado.

8.14 Eficiencia energética de las instalaciones

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación VEEI (W/m^2) por cada 100 lx, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * E_m} \quad (7)$$

Dónde:

P : Potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W]

S : Superficie iluminada [m^2]

E_m : Iluminancia media horizontal mantenida [lx].

8.15 Radiación Solar

Es el conjunto de ondas electromagnéticas que emite el sol a diferentes frecuencias distribuidas en forma de luz visible, infrarroja y ultravioleta. No toda la radiación llega hasta la superficie terrestre, debido a que las ondas ultravioletas son absorbidas por los gases de la atmósfera. La radiación que llega hasta la tierra puede ser medida mediante la magnitud denominada irradiancia, que mide la cantidad de energía, por unidad de tiempo y área, W/m^2 [21].

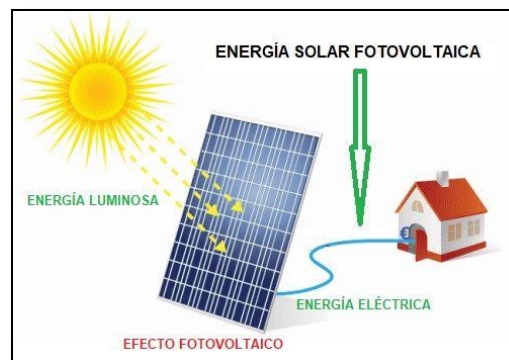
- **Radiación Directa:** Es aquella que llega directamente del sol hasta un determinado objeto o la superficie terrestre sin haber sufrido cambio alguno en su dirección, este tipo de radiación tiene la particularidad de producir sombra en los objetos que se interponen en su recorrido [22].
- **Radiación Difusa:** Es la radiación que sufre alteraciones en su recorrido desde que atraviesa la atmósfera, es reflejada por montañas, árboles, partículas de polvo o como consecuencia de las reflexiones y absorciones de las nubes. Este tipo de radiación por su parte se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos interpuestos [23].

- **Radiación Reflejada:** La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, llamado también albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben [22].
- **Radiación Global:** Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones. En un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa. Los distintos tipos de colectores solares aprovechan de forma distinta la radiación solar. Los colectores solares planos, por ejemplo, captan la radiación total [22].

8.16 Energía solar fotovoltaica

La radiación solar al hacer contacto con las celdas solares se transforma en electricidad, mediante el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se basa en el uso de materiales semiconductores. Éstos se caracterizan porque conducen la electricidad mejor que un aislante y menos efectivamente que un metal, pero sobre todo porque mejoran su capacidad para conducir la electricidad al ser iluminados. [24, p. 16].

Figura 10. Conversión de energía solar fotovoltaica.



Fuente: [25].

La conversión fotovoltaica como se muestra en la Figura 10, consiste en la transformación directa de la radiación solar, la luz del sol, en electricidad, de ciclos térmicos, cambios químicos o procesos mecánicos que impliquen partes móviles [26].

8.17 Tipos de Células

8.17.1 Célula Monocristalino

Una célula solar de silicio monocristalino no es otra cosa que un diodo de unión p-n que se hace especialmente sensible a la iluminación, generando la corriente eléctrica [27]. Su eficiencia varía entre 14% y 16%, existen de azul oscuro o plateado oscuro. Los paneles monocristalinos como se muestra en la Figura 11 son los más usuales, se fabrican con 36 celdas a 12 V. Pueden ser diferenciados a simple vista de las policristalinas por que presentan corte en sus esquinas [28].

Figura 11. Módulo de celdas monocristalinas.

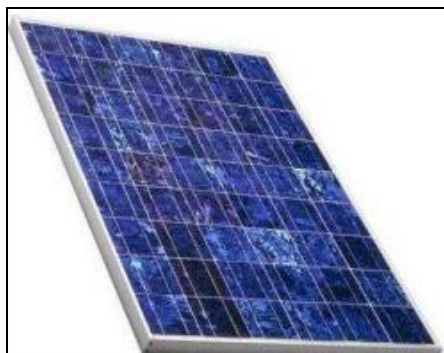


Fuente: [29].

8.17.2 Células Policristalino

En la Figura 12, se muestra como se fabrican las células policristalinas de silicio similar al de las monocristalinas pero en lugar de hacer crecer un solo cristal. Esto forma un bloque de base cuadrada que se corta en rebanadas cuadradas con menos desperdicio de material que las monocristalinas. Su eficiencia fluctúa entre 10% y 15%, pueden ser de color azul y se identifican por tener visos de colores azules [28].

Figura 12. Módulo de celdas policristalinas.



Fuente: [29].

8.17.3 Células Amorfo

El panel amorfo está constituido de celdas de silicio amorfo (ver Figura 13), se hallan con eficiencias inferiores al 10% [28]. El uso de estos paneles es recomendado para lugares donde se necesita poca electricidad y una alternativa más económica.

Figura 13. Módulo de Silicio amorfo (a-Si).



Fuente: [29].

8.18 Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos

8.18.1 Estimación de consumo

Se trata de adquirir el consumo medio diario, en amperios-hora por día, para el dimensionamiento de las baterías. El consumo real se obtiene mediante un listado de aparatos conectados al sistema, el tiempo de uso diario en horas y el voltaje correspondiente de operación de cada uno. Pero se debe tener en cuenta que en la práctica la demanda de energía no es constante, debido a que no se conoce el tiempo exacto en que funciona cada aparato [30].

Para el cálculo de la energía real necesaria se debe tener en cuenta la eficiencia del inversor y las pérdidas en los cables, como muestra la siguiente ecuación.

$$E = \frac{L_{cc}}{n_g} + \frac{L_{ca}}{n_g * n_{inversor}} \quad (8)$$

Dónde:

L_{cc} : Carga diaria en corriente continua [W];

L_{ca} : Carga diaria en corriente alterna [W];

n_g : Eficiencia de carga descarga de la batería.

$n_{inversor}$: Eficiencia media diaria del inversor.

8.18.2 Numero de módulos fotovoltaicos

No es más que la agrupación de células, conectadas entre sí de manera conveniente (serie o paralelo), de tal manera que reúnan las condiciones óptimas para la generación de energía, las mismas deben ser compatibles en sus parámetros eléctricos (tensión como en voltaje). En el mercado se pueden encontrar paneles de 6 V, 12 V, 24 V, etc [27]. En cálculo del número de módulos FV se trabaja con HSP (Horas Solares Pico) del mes más desfavorable, de tal forma:

$$\# \text{ Módulos} = \frac{E}{W_p * HSP_{\varphi} * (1 - n_d)} \quad (9)$$

Dónde:

E: Energía diaria real necesaria [Wh];

W_p : Vatios pico del módulo FV que se utiliza en la instalación [Wp];

HSP_{φ} : Horas de sol pico incidentes sobre el plano de los paneles [kWh/m²];

n_d : Factor global de pérdidas del generador fotovoltaico (es al menos un 25%)

- **Numero de módulos conectados en serie**

$$N_{ms} = \frac{V_N}{V_p} \quad (9)$$

Dónde:

V_N : Voltaje nominal del sistema [V];

V_p : Voltaje máximo del módulo a utilizarse [V].

- **Número de módulos conectados en paralelo**

$$N_{mp} = \frac{I_m}{I_p} = \frac{1,1 * \frac{L_{ca} * \frac{1kw}{m^2}}{\text{Radiación peor mes} * V_N}}{I_p} \quad (10)$$

Dónde:

L_{ca} : Consumo diario de energía diaria [Wh];

Radiación peor mes: Horas Solares Pico [kWh/m²];

V_N : Voltaje nominal del sistema [V];

I_p : Corriente de cortocircuito del panel a utilizar (I_{sc}) [A].

- **Número de total módulos a utilizarse**

$$N_{mT} = N_{ms} * N_{mp} \quad (11)$$

8.18.3 Capacidad del sistema de acumulación

En sistemas fotovoltaicos las baterías o acumuladores son utilizados para el almacenamiento de energía, debido al desplazamiento temporal del sistema fotovoltaico que puede ocurrir durante el día y los periodos de consumo durante la noche, permitiendo satisfacer la carga, cuando el generador fotovoltaico no pueda generar la potencia necesaria [27]. Para la estimación de la capacidad del sistema de acumulación se utiliza la siguiente ecuación:

$$CB^* = \frac{L^*N}{DOD * n_c} \quad (12)$$

Dónde:

L*: Energía real necesaria [Wh];

N: Número de días de autonomía.

DOD: Máxima profundidad de descarga de la batería.

n_c: Perdidas en los cables.

- **Calculo de baterías en serie**

$$N_{BS} = \frac{V_N}{V_B} \quad (13)$$

Dónde:

V_N: Voltaje nominal del sistema [V];

V_B: Voltaje nominal de la batería [V].

- **Calculo de Baterías en paralelo**

$$N_{BP} = \frac{CB}{C_{BN}} \quad (14)$$

Dónde:

CB: Capacidad de la batería [Ah];

C_{BN}: Capacidad de la batería seleccionada [Ah].

- **Numero de baterías a utilizar**

$$N_{BT} = N_{BS} * N_{BP} \quad (15)$$

8.18.4 Regulador

Este aparato tiene como función regular la carga y la descarga de las baterías. Así, puede reducir la intensidad de corriente producida por los módulos fotovoltaicos hacia las baterías en función del nivel de carga de éstas, y llegar a desconectarlas del campo fotovoltaico si han completado su carga. También puede cortar el suministro de consumo desde las baterías si detecta que las mismas están a un nivel de carga peligrosamente bajo [31].

Para selección del regulador se realiza la multiplicación entre corriente de cortocircuito del panel por el número de módulos conectados en paralelo como se muestra en la siguiente ecuación.

$$I_{\text{regulador}} = \frac{PSF}{V_n} \quad (16)$$

Dónde:

PSF: Potencia pico del campo fotovoltaico [Wp];

V_n: Voltaje nominal del sistema de acumulación [V].

8.18.5 Inversor DC/AC

La señal de potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es en tensión continua, que debe ser acondicionada para permitir el correcto acoplamiento a la red eléctrica. El equipo de acondicionamiento de potencia, denominado inversor IDC/AC, realiza la conversión de continua a alterna cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, eficiencia y rendimiento, seguridad eléctrica, etc [32].

Se debe tener un factor de reserva que por lo general es el 25 % de la potencia de carga, llegando a la siguiente ecuación:

$$P_{\text{inv}} = 1,25 * P_{\text{CA}} \quad (17)$$

Donde

P_{CA}: Demanda máxima [W].

8.19 Instalaciones aisladas de la Red Eléctrica

Son instalaciones instaladas en lugares donde no se tiene el acceso a la red eléctrica, generalmente en sectores rurales, antenas de comunicación, balizas o boyas de señalización, bombeo de agua [23]. Existen dos tipos de instalaciones aisladas de la red las cuales son:

- **Sistema centralizado.** – se trata de un sistema único que abastece las necesidades a un conjunto de usuarios.
- **Sistema descentralizado.** - consiste en un sistema individual para una vivienda o lugar a energizar.

8.20 Protección de sistemas fotovoltaicos

A diferencia de los típicos sistemas CA conectados en red, la corriente de cortocircuito disponible dentro de sistemas fotovoltaicos es limitada y es necesario que los dispositivos de protección frente a sobretensión funcionen eficazmente en niveles bajos de corriente con fallo [33]. Las Comisiones Internacionales de Electrotécnica (IEC) reconocen que la protección de sistemas es diferente de las instalaciones eléctricas estándar.

8.20.1 Protección de cadena

Dependiendo de la capacidad deseada del sistema fotovoltaico, puede haber varias cadenas fotovoltaicas conectadas en paralelo para conseguir corrientes mayores y, por tanto, más energía, para las cuales se tienen en consideración el número de cadenas para el dimensionamiento de los cartuchos fusibles.

Los sistemas fotovoltaicos que tienen tres o más cadenas conectadas en paralelo deben tener protegida cada cadena. Los sistemas con menos de tres cadenas no generarán suficiente corriente para dañar a los módulos en caso de fallo. Por tanto, no presentan un riesgo para la seguridad, siempre que el conductor tenga un tamaño correcto, basado en los códigos y requisitos de instalación locales. Cuando tres o más cadenas se conectan en paralelo, un cartucho fusible de cada cadena protegerá los cables y módulos de fallos de sobretensión y ayudará a minimizar todo riesgo de seguridad. También aislará la cadena fallida para que el resto del sistema fotovoltaico pueda continuar generando electricidad [33].

8.20.2 Selección de fusibles para protección de cadena

En la selección de los cartuchos fusibles intervienen dos factores que aunque se recomienda un estudio completo de todos los parámetros, deberían usarse los siguientes factores: 1,56 para corriente y 1,2 para tensión durante la selección del cartucho fusible. Estos abarcan la mayoría de variaciones producidas por la instalación. Debe adoptarse el mismo método para módulos de película fina y cristalina. Es recomendable el uso de cartuchos fusibles tanto en cables positivos como negativos, cada uno con un régimen de tensión adecuado, estos regímenes están determinados de la siguiente forma [33]:

- **Régimen de cable**

$$I_Z \geq 1.56 * I_{SC} \quad (18)$$

- **Corriente de cortocircuito máxima**

$$I_{SC_String} = (N_P - 1) * 1.25 * I_{SC} \quad (19)$$

- **Régimen de corriente de fusible mínimo**

$$I_n \geq 1.56 * I_{SC} \quad (20)$$

- **Régimen de corriente fusible máximo**

$$I_n \leq I_Z \quad (21)$$

- **Régimen de voltaje de fusible mínimo**

$$V_n \geq 1.2 * V_{OC} * N_S \quad (22)$$

Donde

I_{SC} : Corriente de cortocircuito de un módulo en condiciones estándar (STC) [A];

V_{OC} : Tensión de circuito abierto de un módulo en STC [V];

N_S : Cantidad de módulos en serie por cadena;

N_P : Cantidad de cadenas en paralelo por matriz;

I_Z : Intensidad admisible del conductor de acuerdo al tipo de instalación [A].

8.21 Protecciones para Sistemas AC

8.21.1 Interruptor termomagnético

El Interruptor termomagnético (Breaker), es un dispositivo de protección y maniobra capaz de abrir o cerrar un circuito de manera manual, también es capaz de abrir un circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, con respecto a su valor nominal. El calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito [34], como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Capacidad de protección en función del calibre del conductor

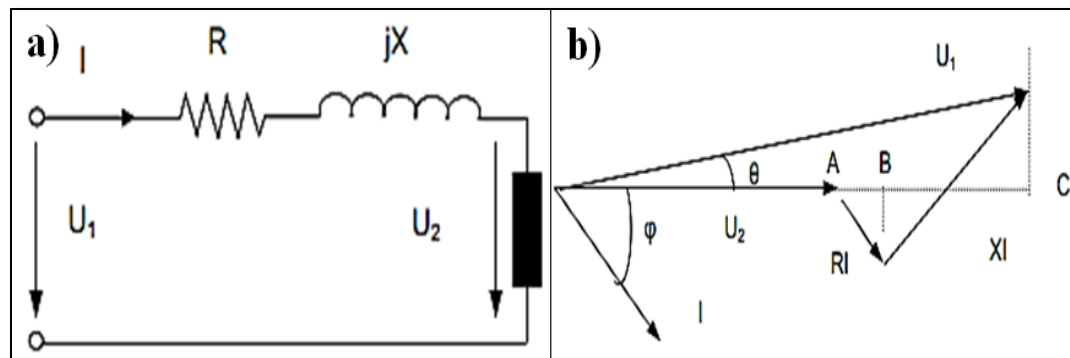
Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

Fuente: [34].

8.22 Caída de voltaje

La expresión que se utiliza para el cálculo de la caída de voltaje que se produce en una línea se obtiene considerando el circuito equivalente de una línea corta (inferior a unos 50 km.), junto con su diagrama vectorial [35].

Figura 14. a) Circuito equivalente de una línea corta; b) Diagrama vectorial.



Fuente: [35].

Debido al pequeño valor del ángulo θ , entre las tensiones en el origen y extremo de la línea, se puede asumir sin cometer prácticamente ningún error, que el vector V_{V1} es igual a su proyección horizontal, siendo por tanto el valor de la caída de voltaje [35].

$$\Delta V = V_{V1} - V_2 = AB + BC = IR \cos(\varphi) + IX \sin(\varphi) \quad (23)$$

Como la potencia transportada por la línea es:

$$P = V_{V1} I^* \cos(\varphi) \quad (24)$$

Para determinar la caída de voltaje basta con sustituir la intensidad calculada en función de la potencia en la ecuación (25), y tener en cuenta que en monofásico la caída de voltaje de línea será dos veces la caída de voltaje de fase calculada, esto debido tanto al conductor de ida como el de retorno [35].

Caída de voltaje en monofásico:

$$\Delta V_{\phi} = 2(R + X \tan \varphi) \left(\frac{P}{V_{V1}} \right) \quad (25)$$

Dónde:

ΔV_{ϕ} : Caída de voltaje en monofásico en voltios.

R : Resistencia de la línea [Ω]

X : Reactancia de la línea [Ω]

P : Potencia en vatios transportada por la línea [W].

V_{V1} : Voltaje de la línea según sea (400V: trifásico, 230V: monofásico)

$\tan \varphi$: Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga.

Para secciones menores o iguales de 120 mm^2 , como es lo habitual tanto en instalaciones de enlace como en instalaciones interiores, la contribución a la caída de voltaje por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, y por lo tanto la fórmula (25) anterior se puede simplificar de la siguiente forma [35]:

8.22.1 Caída de voltaje en monofásico

$$\Delta V_{\phi} = \frac{2P^* R}{V_{V1}} \quad (26)$$

9. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Cuál será el sistema de iluminación eficiente para el complejo deportivo “La Bombonerita”, que permita diseñar un sistema fotovoltaico adecuado?

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1 Métodos de Investigación

Para el desarrollo del proyecto es necesario revisar los métodos de investigación apropiados para obtener la información que permita cumplir con los objetivos planteados.

10.1.1 Método Estadístico: Este método consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación, por lo cual este método permitirá la recolección de datos mediante la medición de radiación solar para el correcto cálculo de celdas fotovoltaicas necesarias para el complejo deportivo.

10.1.2 Método analítico: Este método implica un desglose de partes o elementos para obtener una comprensión de sus causas, este método permitirá el diseño de generación fotovoltaico para abastecer la demanda generada por parte del sistema de iluminación del complejo deportivo.

10.2 Tipos de Investigación

10.2.1 Investigación de campo: Consiste en la recopilación de información fuera de un laboratorio o lugar de trabajo. Es decir, los datos que se necesitan para hacer la investigación por este motivo utilizaremos este tipo de investigación para la recolección de datos del sistema de iluminación.

10.3 Técnicas de investigación

10.3.1 Simulación: es una técnica que permite recrear situaciones o establecer la factibilidad de un experimento a partir de la simulación, se logra visualizar a un sistema físico, haciendo una conexión entre lo abstracto y la realidad. Mediante el software Dialux se visualizará el sistema de iluminación del complejo deportivo.

10.3.2 Observación: La observación es una técnica que se utiliza para el reconocimiento del área y los espacios a iluminar, así mismo obtener una idea clara de los elementos presentes y que pueden influir en la simulación de los casos de estudio. Adicionalmente verificar el espacio disponible para la instalación de todos los elementos y equipos que conforman el sistema de generación fotovoltaica.

10.4 Instrumentos

10.4.1 Luxómetro: Este instrumento permite medir la iluminancia de una instalación de alumbrado, tomando como referencia varios puntos dentro del plano útil, esto es de gran utilidad para obtener el estado actual en que se encuentra el alumbrado del complejo deportivo.

10.4.2 Software Dialux: Por su fácil interfaz y su amplia gama de catálogos de fabricantes, se ha seleccionado software de simulación para instalaciones de alumbrado, dentro del área de trabajo se puede establecer los parámetros de los elementos existentes en el complejo deportivo, lo cual permite resultados más confiables.

10.4.3 Software AutoCAD: Este software permite un mejor manejo de los entornos en estudio, ya que mediante un levantamiento adecuado del plano estructural del complejo deportivo, se puede obtener un modelo en 3D, el cual facilita el manejo de las magnitudes de superficie, longitud, entre otras.

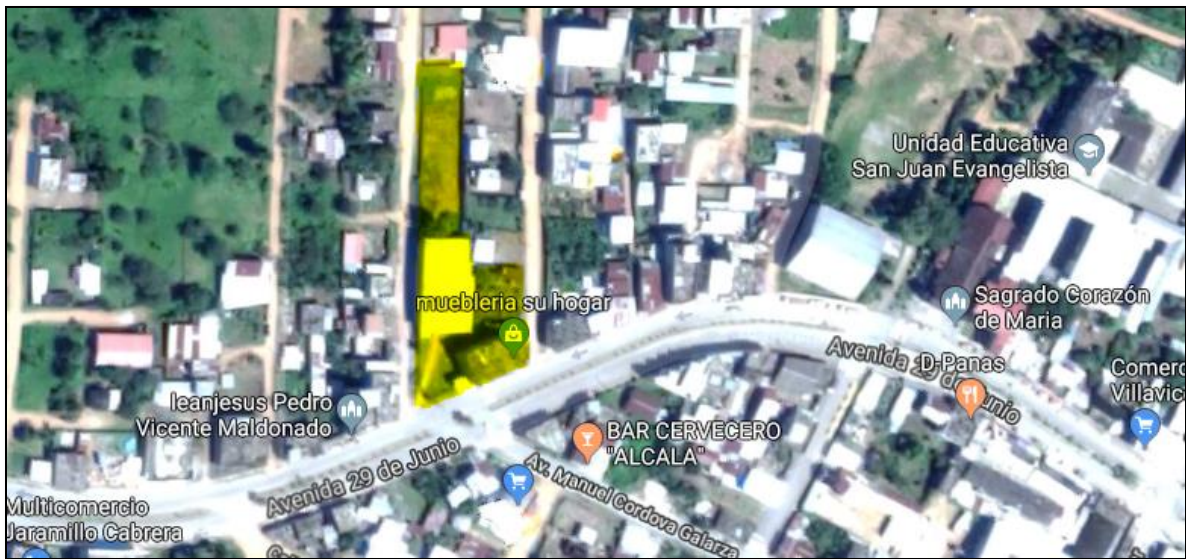
10.4.3 Software Meteonorm: La adquisición de datos de radiación solar de la zona de estudio, resulta más confiables mediante este software, debido a que maneja series de tiempo y modelos de interpolación más sofisticados que los software de licencia libre.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Ubicación del Complejo Deportivo “La Bombonerita”

El complejo deportivo se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, dentro del cantón Pedro Vicente Maldonado, en las coordenadas geográficas: Latitud: 0.0889694; Longitud: -79.0564038.

Figura 15. Emplazamiento del Complejo Deportivo " La Bombonerita" y propiedad del Sr. René Sigchos.



Fuente: Autores.

11.2 Descripción del Complejo Deportivo “La Bombonerita”

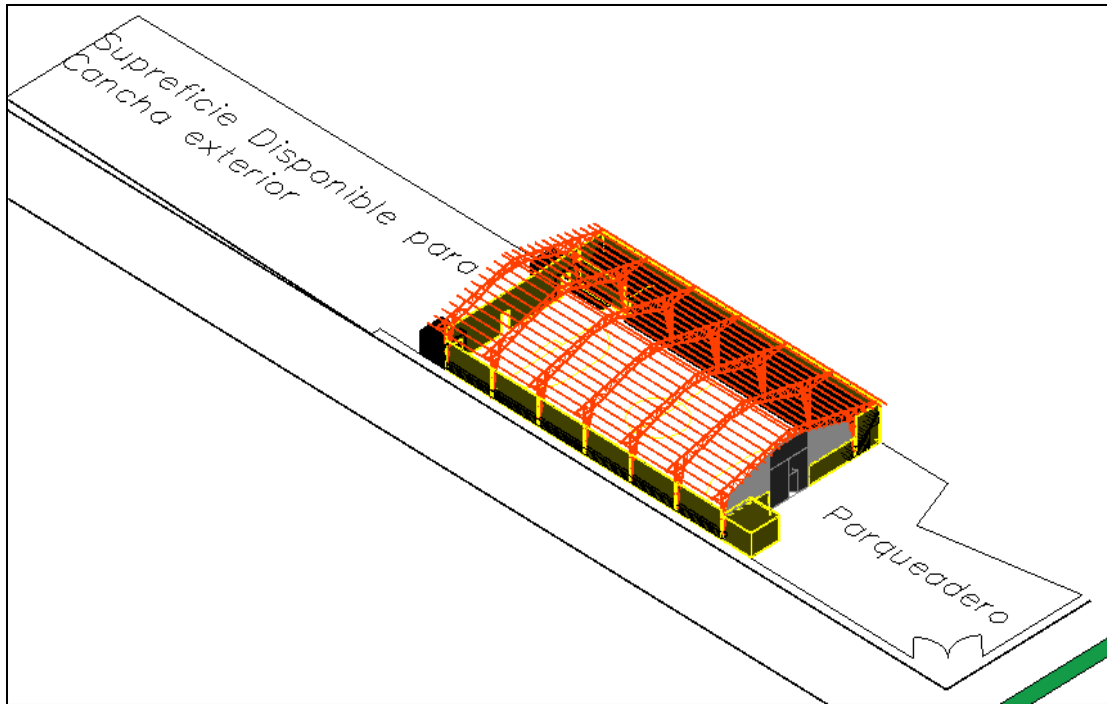
El complejo deportivo “La Bombonerita”, propiedad del Sr. Rene Sigchos, ha estado presente en el cantón Pedro Vicente Maldonado durante casi 15 años, poniendo a disposición sus instalaciones para diferentes de eventos deportivos.

Actualmente cuenta con gran acogida de la población, debido a la organización año a año de campeonatos de Fútbol Sala a cargo del propietario en mención, entre las diferentes categorías en competición se encuentran: Infantiles (8-12 años), Adultos (13-45 años), Sub 50 (46 años en adelante). Bajo estas condiciones y en base a la Norma Española UNE - EN 12193 (Iluminación de instalaciones deportivas), se determina que el nivel de iluminación del complejo es de clase III. Para satisfacer este tipo de eventos en horas de la noche, el complejo cuenta con un sistema de iluminación en base a lámparas de sodio de alta presión, las cuales trabajan a una tensión nominal de 220 V, con protecciones magneto térmicas de 20 A cada una, las cuales están ubicados en un único tablero, el cual carece de un sistema de protección principal.

11.3 Levantamiento del plano estructural del complejo deportivo

Debido a la necesidad del estudio de iluminación se realiza el levantamiento del plano estructural en 3D, el cual se aprecia en la Figura 16. (Para mayor detalle revisar el anexo 1)

Figura 16. Plano estructural del Complejo Deportivo "La Bombonerita"

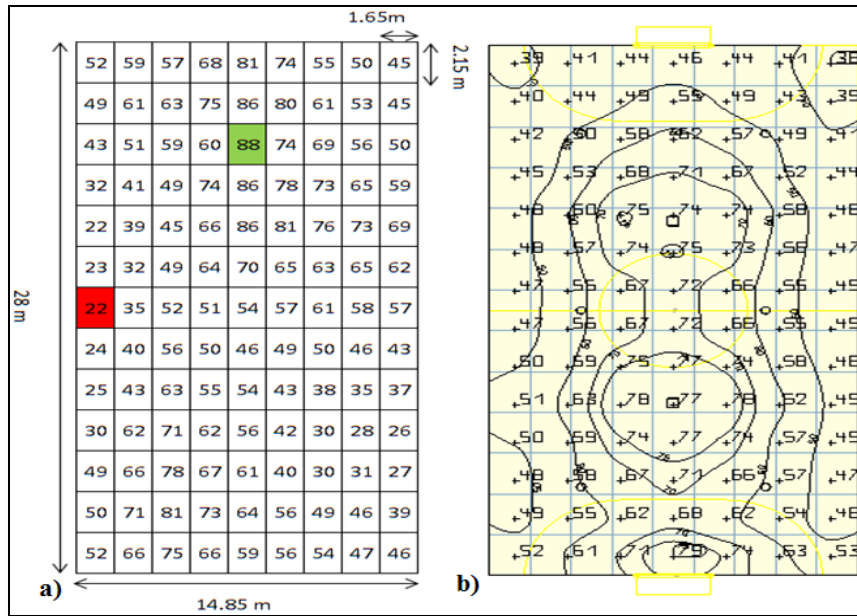


Fuente: [Autores].

11.4 Evaluación del sistema de iluminación actual.

Para la evaluación del sistema actual se utiliza el método especificado en la UNE - EN 12193, el cual establece el número de puntos para este tipo de instalaciones de acuerdo a la superficie y a la actividad a desarrollarse en la misma. Siendo un espacio destinado a la práctica de fútbol 5/6, se han tomado 13 puntos de longitud y 9 de ancho, el producto de estos valores (117) es el número de mediciones que se realizan, para determinar la situación actual del campo de juego del coliseo del complejo deportivo.

Figura 17. a) Resultados de las medidas tomadas con el luxómetro Allosun EM 2243 del sistema actual de iluminación; b) Resultados de la simulación del sistema de iluminación actual.



Fuente: [Autores].

En la Figura 17. a), se presenta los resultados obtenidos de las mediciones realizadas con el luxómetro Allosun EM 2243 del sistema de iluminación actual del coliseo, y por otra parte en la Figura 17. b) se presenta la simulación en Dialux del mismo sistema iluminación. Con estos datos se calcula la iluminancia media y la uniformidad para determinar en qué estado se encuentra dicho sistema.

Tabla 8. Iluminancia media y uniformidad del sistema actual.

Obtención de datos	Iluminancia media (lux)	Uniformidad
Luxómetro Allosun EM 2243	54.83	0.41
Simulación	57.7	0.66

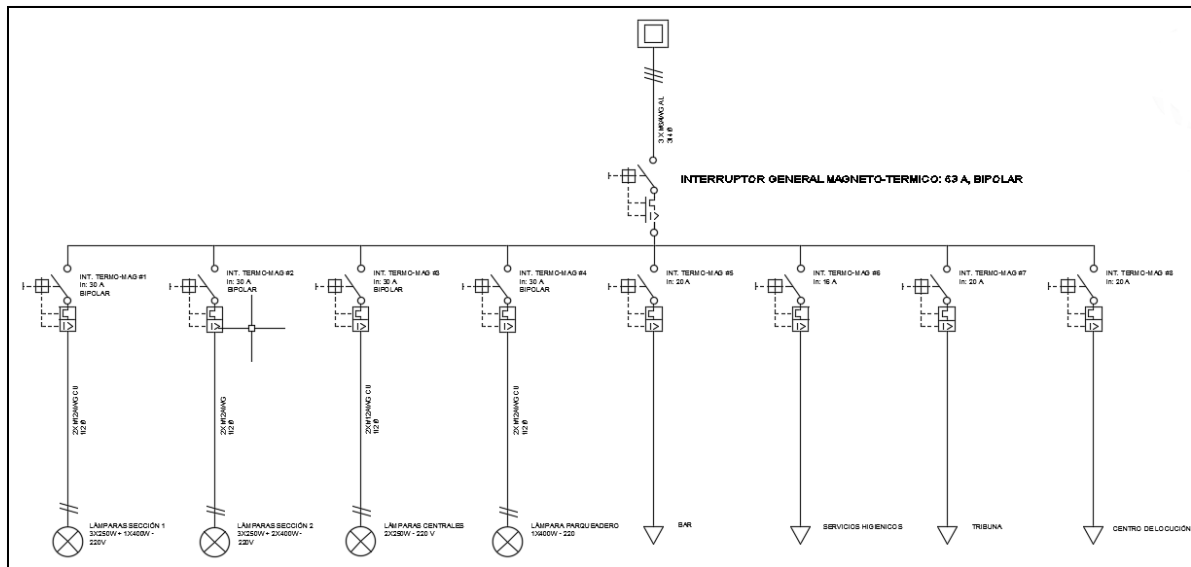
Fuente: [Autores].

En base a la Norma Española UNE - EN 12193: Iluminación de instalaciones deportivas, la iluminancia para instalaciones deportivas de alumbrado clase III y en las cuales se realizan competiciones de fútbol 5/6, es de 200 luxes, y con una uniformidad mayor o igual a 0.5. Debido a estos parámetros establecidos en la norma, se determina que el complejo no cumple con los requerimientos mínimos para un óptimo desarrollo de las actividades deportivas.

11.5 Plano unifilar de la instalación actual

Del levantamiento del plano eléctrico unifilar se obtuvo los resultados que se muestran en la Figura 18. (Para mayor detalle revisar anexo 8)

Figura 18. Plano unifilar del sistema eléctrico actual del complejo.



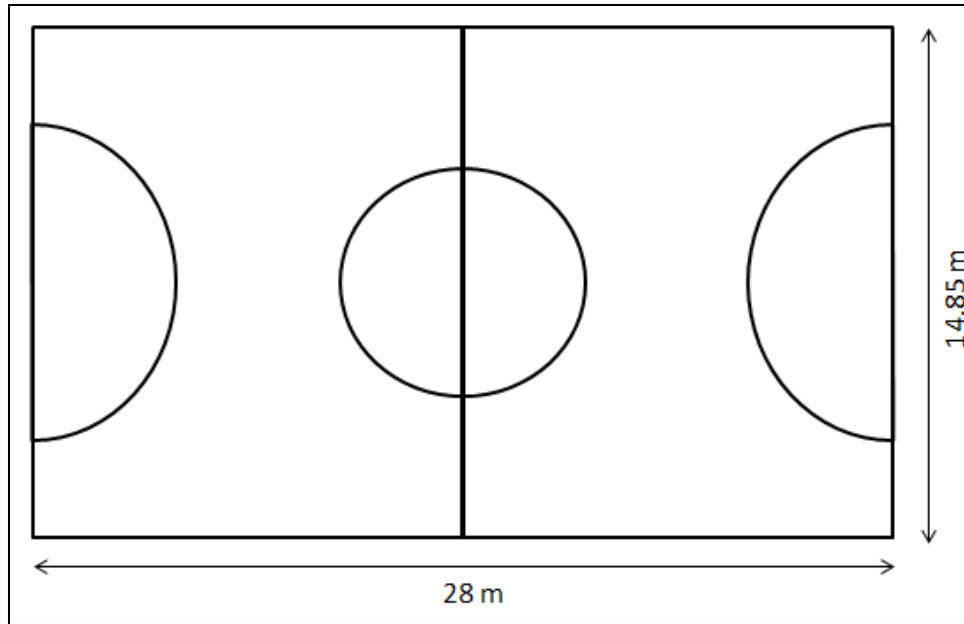
Fuente: [Autores].

De la Figura 18, se puede observar que el sistema de iluminación actual es controlado por 4 interruptores termomagnéticos de dos polos y con una capacidad de 20 A cada uno, las luminarias controladas son 6 de 250 W, y 6 de 400 W, dando en conjunto una potencia de carga instalada de 3900 W.

11.6 Ubicación de las luminarias del campo exterior.

Para el diseño del sistema de iluminación de instalaciones deportivas se debe tener en cuenta ciertas consideraciones que permitan la correcta ubicación de las luminarias, con el fin de evitar deslumbramiento en los deportistas, obtener una uniformidad dentro de los límites permitidos y una iluminancia media del campo. Estos parámetros están definidos por la FIFA, los cuales relacionan las medidas del campo de fútbol con ángulos óptimos (25° centro del campo y 75° portería) ya definidos por esta institución, los cuales permiten calcular las distancias y alturas mínimas para la correcta ubicación de las torres de iluminación. En la Figura 19, se muestra las medidas del campo exterior proyectado por el complejo deportivo “La Bombonerita”.

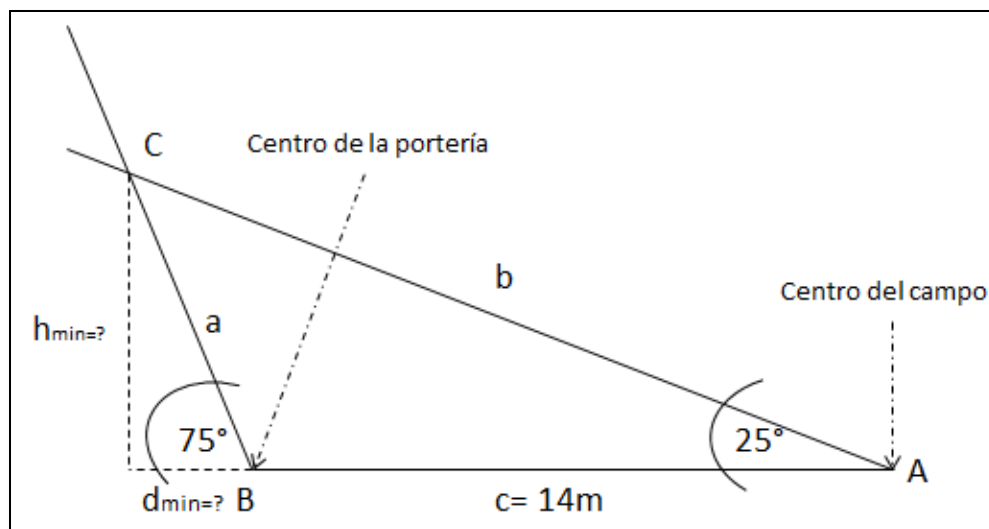
Figura 19. Medidas del campo exterior proyectado por el complejo deportivo “La Bombonerita”



Fuente: [Autores].

En base a los datos del campo y relacionando con los ángulos recomendados por la FIFA, el esquema resultante para el cálculo se muestra en la Figura 20, donde h_{min} es la altura mínima en la que se pueden instalar las lámparas y d_{min} es la distancia mínima en la que se pueden ubicar las torres de iluminación en referencia a la línea de meta.

Figura 20. Esquema de cálculo de la altura y distancia mínima para la instalación de fuentes de luz.



Fuente: [Autores].

El esquema mostrado en la Figura 20, presenta un triángulo obtuso cuyos vértices son A , B y C y un segundo triángulo rectángulo de hipotenusa a y catetos h_{min} y d_{min} . Para la estimación de la altura y distancia mínima se parte de la ley de los senos, el cual permite calcular el lado a del triángulo obtuso, el cual viene a ser la hipotenusa del triángulo rectángulo.

$$\frac{\text{sen}(A)}{a} = \frac{\text{sen}(C)}{c}$$

$$a = \frac{(c)\text{sen}(A)}{\text{sen}(C)}$$

$$a = \frac{(14m)\text{sen}(25^\circ)}{\text{sen}(50^\circ)} = 7.72m$$

Finalmente mediante el teorema de Pitágoras y funciones trigonométricas se calcula h_{min} y d_{min} .

$$h_{min} = (a)\cos(15^\circ)$$

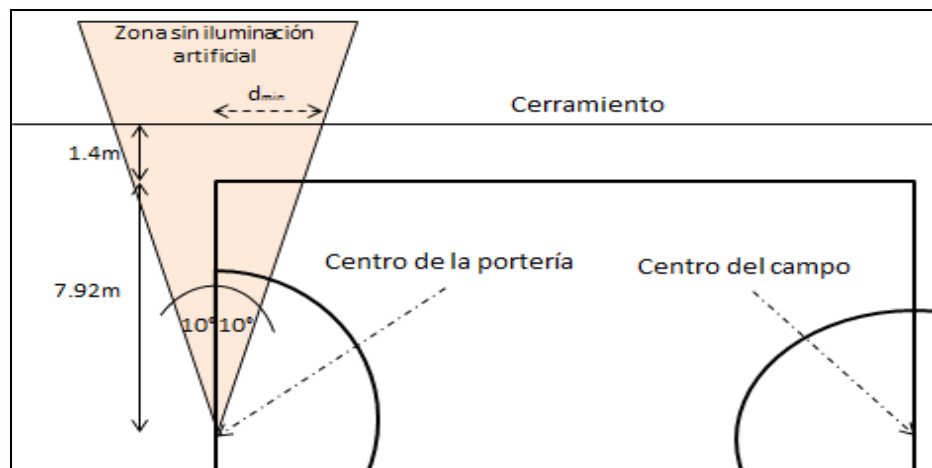
$$h_{min} = (7.72m)\cos(15^\circ) = 7.45m$$

$$d_{min} = \sqrt{a^2 - h_{min}^2}$$

$$d_{min} = \sqrt{7.72^2 - 7.45^2} = 2.02m$$

El esquema de cálculo que se muestra en la Figura 21, está basado en la recomendación de FIFA de no colocar ningún tipo de iluminación dentro de 10° hacia ambos lados de la línea de meta, con el fin evitar el deslumbramiento en los jugadores atacantes y el portero en los saques de esquina.

Figura 21. Esquema para el cálculo de la distancia mínima para la ubicación de la torres de iluminación



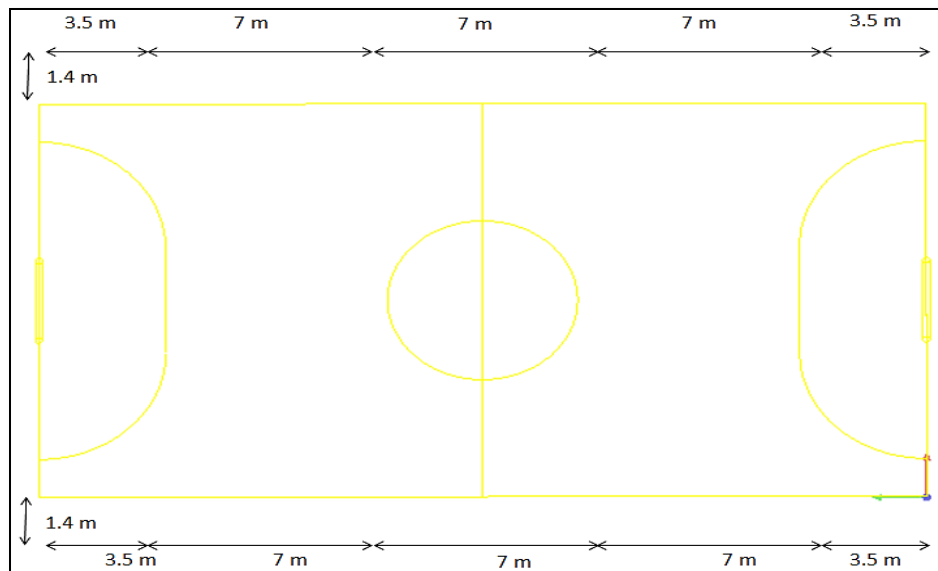
Fuente: [Autores].

Teniendo en cuenta que la distancia del centro de la portería hacia la línea de saque de banda es 7.92 m más 1.4 m que es la distancia que separa el cerramiento con el campo de fútbol, se obtiene 9.32 m, que viene siendo el cateto del triángulo rectángulo formado por estas medidas con respecto a la línea de meta, lo cual mediante la función trigonométrica tangente permite obtener la distancia mínima para la instalación de las torres de iluminación.

$$d_{min} = (9.32) \tan(10^\circ) = 1.64 \text{ m}$$

Finalmente se opta por un diseño de 4 torres de iluminación, con lo que la ubicación final de las torres de iluminación se presenta en la Figura 22.

Figura 22. Esquema para la ubicación de los torres de iluminación.



Fuente: [Autores].

Como se muestra en la Figura 22, el diseño de 4 postes permite una mejor distribución de la luz, con lo cual se obtiene una mejor uniformidad en el campo de juego, a su vez se aprovecha de manera correcta la iluminancia generada por las fuentes de luz.

11.7 Diseño de los sistemas de iluminación en Dialux

Con el fin de aprovechar las luminarias existentes en el coliseo del complejo deportivo, se han planteado dos escenarios; el primero se trata de una repotenciación del sistema actual, y el segundo, es el cambio de todas las luminarias por tecnología LED.

11.7.1 Repotenciación de sistema de iluminación convencional

Hace unos años el acceso a esta tipo de tecnología de iluminación era relativamente fácil y económico, pero con la llegada de la tecnología LED las luminarias convencionales han sido discontinuadas por la mayoría de fabricantes, o en el mejor de los casos limitando su producción a los elementos que componen el sistema de las mismas (ignitor, balastro, capacitor, lámpara).

Tabla 9. Características de las luminarias usadas en la simulación con tecnología convencional.

Luminaria	Voltaje (V)	Potencia (W)	Eficacia luminosa (lm/W)	Flujo luminoso (lm)	Protección	Vida útil (h)
Urban RH 730	220	100	66.1	7 533	IP 65	8 000
Jeta 6	220	250	72.3	20 529	IP 65	10 000
Alioth SHP-S	220	250	37.1	9 881	IP 20	10 000
Luminarias existentes	220	400	5.7	2 505	IP 20	-
	220	250	6.5	1 833	IP 65	-

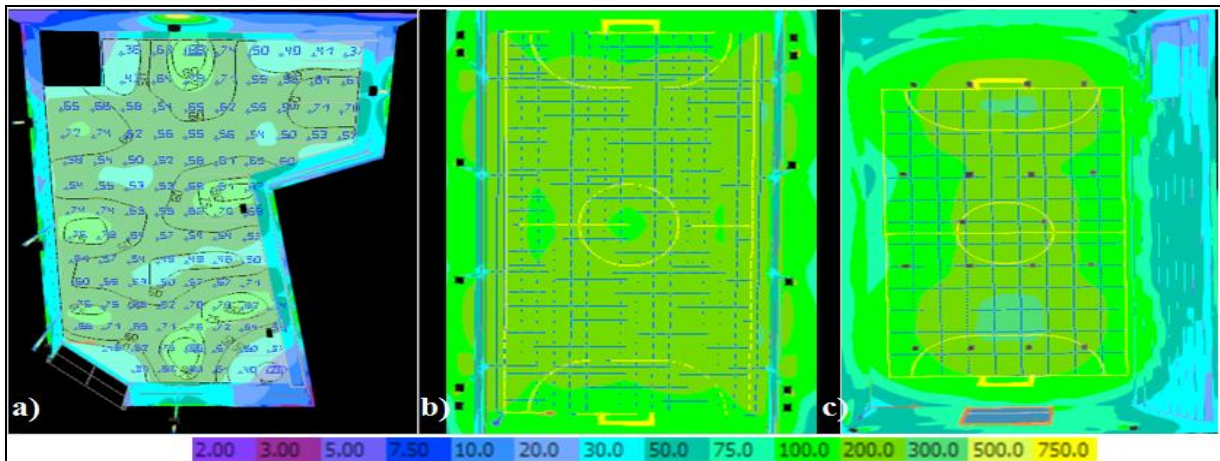
Fuente: [Autores].

En la Tabla 9, se presenta las características técnicas más relevantes de las luminarias de tecnología convencional usadas en el complejo deportivo “La Bombonerita”. De igual manera se presenta las características de las luminarias existentes, a fin de ser aprovechadas y reducir el costo de inversión, para este sistema de iluminación.

11.7.1.1 Resultados de la repotenciación del sistema de iluminación convencional

En la Figura 23, se aprecia los resultados de la iluminancia (lux) obtenidos de para la simulación de la repotenciación del sistema del sistema actual.

Figura 23. Iluminancia: a) Área de aparcamiento; b) Campo exterior; c) Coliseo (caso repotenciación).



Fuente: [Autores].

Como ya se ha mencionado para reducir los costos de inversión dentro de este caso de estudio, se han considerado las luminarias existentes en el sistema de iluminación actual del coliseo. Estas han sido reubicadas dentro del coliseo, adicionalmente se incorporan nuevas luminarias para mejorar los niveles de iluminación y uniformidad.

Tabla 10. Resultados de la repotenciación del sistema de iluminación convencional.

General						
Superficie	Resultado	Media	Min	Max	Min/medio	Min/máx.
Aparcamiento	Intensidad lumínica horizontal (lx) Altura: 0 m	60.9	25.8	86.5	0.42	0.3
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min	Max	Valor limite		
Aparcamiento	GR Altura: 1.20 m	< 10	23	≤ 50		
General						
Superficie	Resultado	Media	Min	Max	Min/medio	Min/máx.
Campo exterior	Intensidad lumínica horizontal (lx) Altura: 0.00 m	217	175	250	0.81	0.7
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min	Max	Valor limite		
Campo exterior Altura 1.5 m	Punto GR 1	< 10	18	≤ 22		
	Punto GR 2		11			
	Punto GR 3		18			
	Punto GR 4		17			
	Punto GR 5		15			
	Punto GR 6		10			
	Punto GR 7		15			
	Punto GR 8		17			
	Punto GR 9		15			
	Punto GR 10		10			
	Punto GR 11		16			
General						
Superficie	Resultado	Media	Min	Max	Min/medio	Min/máx.
Coliseo	Intensidad lumínica horizontal (lx) Altura: 0 m	212	105	304	0.5	0.35
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min	Max	Valor limite		
Coliseo	UGR Altura: 1.5 m	< 10	24.1	≤ 22		

Fuente: [Autores].

11.7.2 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación convencional

Usando la expresión del valor eficiencia energética de la instalación, descrita en la fundamentación se obtiene:

Tabla 11. Resumen de los resultados del VEEI para el sistema de iluminación convencional.

Sección	Potencia instalada (W)	Superficie (m ²)	Em (lux)	VEEI (W/ m ²)
Aparcamiento	800	471.07	60.9	1.77
Coliseo	6 400	731.44	212	4.12
Campo exterior	3 000	716.60	217	1.92

Fuente: [Autores]

Los valores obtenidos permiten concluir que la eficiencia de las instalación de iluminación convencional en las tres secciones que conforman el complejo deportivo, se encuentran dentro de los límites permitidos los cuales deben ser ≤ 5 W/ m², para instalaciones deportivas y áreas de aparcamiento.

11.7.3 Cambio total a sistema de iluminación LED

La iluminación en base a tecnología LED, ha tenido un crecimiento notable en los últimos años en el país, tanto para el uso residencial, comercial e industrial, ya que esta presenta un consumo relativamente bajo frente a las tecnologías de iluminación convencional. Debido a este crecimiento, la oferta de luminarias LED es sumamente amplia, lo cual ha permitido la reducción de costos para diferentes modelos existentes en el mercado.

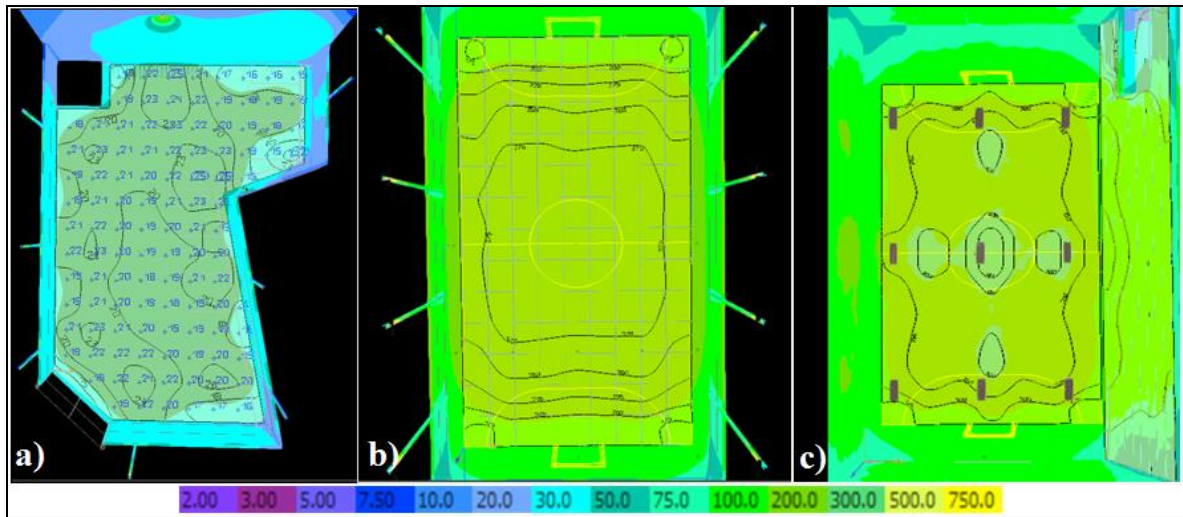
Tabla 12. Características de las luminarias usadas en la simulación con tecnología LED.

Luminaria	Voltaje (V)	Potencia (W)	Eficacia luminosa (lm/W)	Flujo luminoso (lm)	Protección	Vida útil (h)
Floodlight 20	220	20	105	2 100	IP 65	50 000
Floodlight 180	220	180	110	20 000	IP 65	50 000
Modario LS 160	220	85	153	13 000	IP 64	80 000
Linear Switch Compact	220	5	110	440	IP 20	50 000

Fuente: [Autores].

En la Tabla 12, se presenta las características técnicas más relevantes de las luminarias, usadas en la simulación para el escenario en que las actuales sean sustituidas en su totalidad, por luminarias de tecnología LED en el complejo deportivo “La Bombonerita”.

Figura 24. Iluminancia: a) Área de aparcamiento; b) Campo exterior; c) Coliseo (caso cambio a iluminación LED)



Fuente: [Autores].

El resumen de los resultados obtenidos para la simulación con iluminación LED se muestra en la Tabla 13, en los cuales se toma en consideración 2 alturas diferentes: 0 m; que es el plano útil del área del parqueadero, y 1.2 m que es la altura promedio en la que se encuentra una persona sentada en un automóvil, esta última se utiliza para el cálculo del índice de deslumbramiento.

Tabla 13. Resultados del sistema de iluminación LED.

General						
Superficie	Resultado	Med	Min	Max	Min/Med	Min/Max
Aparcamiento	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 0 m	20	12	24.8	0.6	0.48
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min		Max	Max valor límite	
Aparcamiento	GR Altura: 1.2 m	<10		23	≤50	

General						
Superficie	Resultado	Med	Min	Max	Min/Med	Min/Max
Campo Exterior	Intensidad lumínica horizontal Altura: 0 m	252	167	297	0.66	0.56
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min		Max	Max valor límite	
Campo Exterior Altura: 1.2 m	Punto GR 1	<10		10	≤22	
	Punto GR 2			14		
	Punto GR 3			20		
	Punto GR 4			22		
	Punto GR 5			22		
	Punto GR 6			21		
	Punto GR 7			16		
	Punto GR 8			20		
	Punto GR 9			22		
	Punto GR 10			22		
	Punto GR 11			21		
General						
Superficie	Resultado	Media	Min	Max	Min/Med	Min/Max
Coliseo - Campo de juego	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 0 m	252	155	341	0.62	0.45
Coliseo - Graderío	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 0 m	12.6	5.39	18.7	0.43	0.29
Evaluación del deslumbramiento						
Superficie	Resultado	Min	Max	Max valor límite		
Coliseo - Campo de juego	GR Altura: 1.5 m	<10	17.2	≤22		

Fuente: [Autores].

11.7.4 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación LED

Usando la expresión del valor eficiencia energética de la instalación, descrita en la fundamentación se tiene los siguientes resultados en iluminación LED:

Tabla 14. Resultados del VEEL para el sistema de iluminación convencional.

Sección	Potencia instalada (W)	Superficie (m²)	Em (lux)	VEEL (W/ m²)
Aparcamiento	180	471.07	19.6	1.95
Coliseo	765	731.44	252	0.41
Campo exterior	2880	716.60	252	1.59

Fuente: [Autores].

Los valores obtenidos permiten concluir que la eficiencia de la instalación de iluminación LED en las tres secciones que conforman el complejo deportivo, no solo cumplen con el límite establecido para instalaciones deportivas y áreas de aparcamiento, sino que son aún más eficientes que la instalación de iluminación convencional.

11.8 Determinación del sistema de iluminación

En cuanto a la determinación del sistema de iluminación adecuado para el complejo deportivo se han tomado especial atención en los requerimientos establecidos para este tipo de áreas como lo son el nivel de iluminancia media, la uniformidad y los índices de deslumbramiento que presentan este sistema de iluminación, todo esto según las normativas UNE - EN 12193 y UNE - EN 13201. Por otra parte el valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), permite determinar qué sistema de iluminación tiene un uso más eficiente de la energía, o dicho de otras palabras, que sistema usa menor energía para iluminar la misma superficie. Con los parámetros expuestos y analizando los resultados obtenidos de la simulación de los sistemas de iluminación, se ha descartado el escenario de repotenciación del sistema actual debido a que ciertamente este cumple con los niveles de iluminancia media y uniformidad en las tres secciones del complejo deportivo, pero, el sistema de iluminación del coliseo no cumple con el límite del índice de deslumbramiento unificado (UNE - EN 12193), lo cual ocasionaría perturbaciones visuales en los deportistas. Otro factor es la indisponibilidad en el mercado de las luminarias convencionales seleccionadas en el diseño, debido a que los fabricantes están descontinuoando las mismas.

11.9 Diseño del sistema de generación fotovoltaica

11.9.1 Definición del sistema

El diseño sistema de energía solar fotovoltaica tiene como emplazamiento el cantón Pedro Vicente Maldonado, ubicado en la provincia de Pichincha, en el punto 11.2 se describieron aspectos importantes del complejo deportivo “La Bombonerita”.

El sistema fotovoltaico convertirá la energía solar en energía eléctrica de corriente directa, la cual mediante el controlador de carga permitirá el almacenamiento de energía en un banco de baterías. Para el aprovechamiento de esta energía en sistema de corriente alterna, entra en juego la función del inversor ya que es el que convierte la corriente para que sea compatible con la instalación del complejo deportivo. Finalmente este sistema fotovoltaico será evaluado desde el punto de vista técnico-económico en la sección 13.

11.9.2 Radiación solar disponible en el sitio de estudio.

El interés de la presente investigación radica en la producción de energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos, para ello un dato importante es la radiación global incidente en una superficie horizontal, en el cantón Pedro Vicente Maldonado.

Tabla 15. Radiación Global incidente en un superficie horizontal en Pedro Vicente Maldonado (kWh/m²día).

Incli	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0°	4.32	4.93	5.17	5.15	4.7	4.35	4.09	4.32	4.46	4.11	3.78	4.21

Fuente: [Meteonorm].

11.9.3 Orientación e inclinación

La latitud del complejo deportivo ubicado en el cantón Pedro Vicente Maldonado de la provincia de Pichincha es $\phi = 0^\circ 05' 20.2898''$, por lo tanto los paneles serán orientados hacia el Sur con un acimut de los módulos de 0° para aprovechar de mejor manera la radiación solar.

La inclinación óptima de los módulos será:

$$B_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi| = 3.7 + 0.69 * |0| = 3.7^\circ$$

Los módulos serán inclinados a un ángulo de 15° (β) por cuestiones de limpieza.

Para el cálculo del número de módulos fotovoltaicos, se debe considerar un factor de disminución de energía por pérdidas debido a la orientación e inclinación no óptimas. Este se conoce como Factor de irradiación (FI).

$$FI = 1 - \left[1.2 \times 10^{-4} * (\beta - B_{opt})^2 \right] = 1 - [1.2 \times 10^{-4} * (15 - 3.7)^2] = 0.985$$

En el lugar donde se va a realizar el proyecto, se observa que no existen edificaciones que puedan generar sombra, por esta razón el factor de sombra es $FS = 1$

En la Tabla 16 se presenta el factor de corrección de radiación directa en módulos fotovoltaicos K para una latitud 0° , para una inclinación de 15° .

Tabla 16. Valor K a una inclinación de 15° .

Incli	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
15°	1.04	1.01	0.97	0.92	0.88	0.87	0.88	0.92	0.97	1.02	1.05	1.05

Fuente: [Cleanergysolar].

Valor mensual de radiación medio mensual global diario en una inclinación de 15° se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$G_{dm}(\alpha \beta) = G_{dm}(0) * K * FI * FS$$

$$G_{dm}(\alpha \beta) = 4.32 * 1.04 * 0.985 * 1 = 4.43 \text{ (enero)}$$

Tabla 17. Radiación Global incidente en un superficie inclinada a 15° (kWh/m²día).

Incli	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0°	4.32	4.93	5.17	5.15	4.7	4.35	4.09	4.32	4.46	4.11	3.78	4.21
15°	4.43	4.90	4.94	4.67	4.07	3.73	3.55	3.91	4.26	4.13	3.91	4.35

Fuente: [Autores].

Finalmente como se observa en la Tabla 17, ya aplicado los factores de corrección debido a perdidas por inclinación y orientación, el mes con menor incidencia de radiación es julio, este valor se usa para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en estudio, considerado este como el peor de los escenarios posibles para la producción de energía.

11.9.3 Cálculo del sistema fotovoltaico para el suministro del sistema de iluminación LED

Para realizar el emplazamiento de la instalación fotovoltaica, se cuenta con un área total disponible de 150 m², la misma se encuentra situada en adyacente al complejo deportivo. De igual manera se cuenta con una bodega de 275 m², en la cual se instalaran los equipos y baterías del sistema.

11.9.3.1 Consumo teórico de las cargas

Tabla 18. Consumo teórico de energía eléctrica para el sistema de iluminación convencional.

Equipo	Cantidad	Potencia por equipo	Horas de uso al día	Potencia total	Consumo energía
Floodlight 180W	16	180	5	2 880	14 400
Floodlight 20W	9	20	5	180	900
Modario LS160	9	85	5	765	3 825
Linear compact switch	10	5	5	50	250
Otros	7	9	5	63	315
Demanda máxima				3938	
Consumo de energía diaria Wh					19690

Fuente: [Autores]

11.9.3.2 Consumo eléctrico real de las cargas

La energía real necesaria, E, se calcula teniendo en consideración las eficiencias de los subsistemas de inversión y de carga-descarga del banco de baterías para consumos en alterna; mientras que para consumos en continua se toma en cuenta sola la eficiencia de carga-descarga del banco de baterías.

$$E = \frac{0}{0.98} + \frac{19690 \text{ Wh/día}}{0.98 * 0.98} = 20501.87 \cong 20502 \text{ Wh/día}$$

Los valores de rendimiento de las baterías y el inversor es de $n_g: 0.98$; $n_{\text{inversor}}: 0.98$.

11.9.3.3 Número de módulos fotovoltaicos

Como condición previa para la determinación del número de módulos fotovoltaicos, es necesario tener realizada la elección del tipo de módulo fotovoltaico concreto que va a instalarse o por lo menos, la potencia que generan estos a una irradiancia de 1000 W/m^2 .

$$\# \text{ Módulos} = \frac{20\,502 \text{ Wh/día}}{350 \text{ W} * 3.55 \text{ kWh/m}^2 * (1 - 0.18)}$$

$$\# \text{ Módulos} = 20.12 \cong 21 \text{ paneles}$$

Serie

$$N_{\text{ms}} = \frac{500 \text{ V}}{46.88 \text{ V}} = 10.66 \cong 10 \text{ modulo en serie}$$

Paralelo

$$N_{\text{mp}} = \frac{1.1 * \frac{20\,199 \text{ Wh/día} * \frac{1 \text{ kW}}{\text{m}^2}}{3.55 \text{ kW/m}^2/\text{día} * 500 \text{ V}}}{9.38 \text{ A}} = 1.35 \cong 2 \text{ cadenas en paralelo}$$

$$N_{\text{mT}} = 10 * 2 = 20 \text{ módulos en total}$$

Los paneles seleccionados son los Eco Green Energy $360 \text{ Wp}/24 \text{ V}$ DC, de tecnología monocristalina, y eficiencia de 18%. Estos generan 350 W a 1000 W/m^2 cada uno.

11.9.3.4 Sistema de acumulación

Para determinar el número de baterías que se necesitan tanto en serie como en paralelo, se debe tener preseleccionada la batería, a fin de tener sus características técnicas para determinar la cantidad de elementos que requiere el sistema de acumulación.

$$CB^* = \frac{20\,502 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \cdot 1 \text{ día}}{0.3 * 0.95} = 71\,937 \text{ Wh}$$

$$CB = \frac{71\,937 \text{ Wh}}{240 \text{ V}} = 299.74 \text{ Ah}$$

Baterías en serie

$$N_{BS} = \frac{240 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 20 \text{ baterías en serie.}$$

Baterías en paralelo

$$N_{BP} = \frac{299.74 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}} = 1.99 \cong 2 \text{ baterías en paralelo.}$$

$$N_{BT} = 20 * 2 = 20 \text{ baterías en total.}$$

Las baterías seleccionadas son las 6-GFM G -150A de la marca Sunbright Power Co, LTD.

Tiempo de carga estimado de las baterías

Tomando como referencia una radiación de 1000 W/m^2 , a una temperatura de $45 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, de acuerdo a las características de los módulos fotovoltaicos, y la conexión en que se encuentran los mismos, se obtiene una corriente aproximada de 29.16 A .

$$t = \frac{299.74 \text{ Ah} * 0.3}{29.16 \text{ A}} = 3.08 \text{ horas}$$

11.9.3.5 Selección del regulador de carga

$$I_{\text{regulador}} = \frac{7\,000 \text{ W}_p}{240 \text{ V}} = 29.16 \text{ A} = 30 \text{ A (nominal existente en el mercado)}$$

El regulador que más se ajusta a los requerimientos del sistema el modelo 240V-30A de la marca Jinan Deming Power Equipment Co., Ltd.

11.9.3.6 Selección del inversor

Para seleccionar el inversor se debe conocer el valor de la potencia máxima instalada, en este caso la potencia alcanza los 3876 W, considerando un factor de reserva por lo general es del 25%.

$$P_{inv} = 1,25 * 3938 \text{ W} = 4923 \text{ W} = 5000 \text{ W (nominal existente en el mercado)}$$

El inversor seleccionado es el modelo PRIMO 5.0.1 de la marca Fronius.

11.10 Caídas de voltaje

Para el cálculo de las caídas de voltaje en los dos sistemas propuesto se utiliza las formulas correspondientes al anexo 2 del REAL DECRETO 842/2002 (GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN), de tal forma que la caída de voltaje se deduce de la siguiente expresión:

$$\Delta V_1 = \frac{2 * R * P}{V_1}$$

En la Tabla 19, se muestra los resultados obtenidos para el sistema de iluminación LED, en cual se aprecia que la máxima caída de voltaje en el circuito AC, se da en el tramo del contador de energía eléctrica hacia la sección 2 de las luminarias del campo exterior con un valor de 2.84%, el cual está dentro del límite permitido (3%) para este tipo de sistemas.

Tabla 19. Caídas de voltaje en AC para el sistema de iluminación LED.

Tramo		Demanda		Conductor			ΔV (%)	
Designación	Longitud (m)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Calibre (AWG)	Área (mm ²)	Resistencia	Parcial	Total
TGM - T/T	17.5	3938	230	6	13.3	0.024157	0.36%	0.36%
Inversor - T/T	1.5	3938	230	6	13.3	0.002070	0.03%	0.03%
T/T - T/E1	52.5	3758	230	6	13.3	0.072473	1.03%	1.39%
T/E1 - Coliseo Sección 1	28.35	425	230	14	2.08	0.250243	0.40%	1.79%
T/E1 - Coliseo Sección 2	43.6	340	230	14	2.08	0.384853	0.49%	1.88%
T/E1 - Campo Exterior 1	61.05	1440	230	10	5.26	0.213094	1.16%	2.55%
T/E1 - Campo Exterior 2	78.25	1400	230	10	5.26	0.273131	1.45%	2.84%

Designación	Longitud (m)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Calibre (AWG)	Área (mm ²)	Resistencia	Parcial	Total
T/E1 - Graderío	36.6	50	230	14	2.08	0.323065	0.06%	1.45%
T/T - T/E2	1.5	180	230	12	3.31	0.008320	0.01%	0.04%
T/E2 - Parqueadero 1	25.25	100	230	14	2.08	0.222879	0.08%	0.12%
T/E2 - Parqueadero 2	44.1	80	230	14	2.08	0.389267	0.12%	0.15%

Fuente: [Autores].

En la Tabla 20, se puede apreciar que la máxima caída de voltaje en el circuito DC es de 2.49%, que corresponde al tramo de los módulos fotovoltaicos hasta las entradas del inversor. Este valor obtenido se encuentra por debajo del límite permitido de 3%.

Tabla 20. Caídas de voltaje en DC para el sistema de iluminación LED.

Tramo		Demanda		Conductor			ΔV (%)	
Designación	Longitud (m)	Potencia (W)	Voltaje (V)	Calibre (AWG)	Área (mm ²)	Resistencia	Parcial	Total
Módulo - Regulador	25.5	7 000	240	10	5.26	0.089007	2.16%	2.16%
Regulador - Baterías	2.5	7 000	240	10	5.26	0.008726	0.21%	2.38%
Baterías - Inversor	2.5	3 938	240	10	5.26	0.008726	0.12%	2.49%

Fuente: [Autores].

11.11 Protecciones

11.11.1 Termomagnéticas

Para la determinación de la protección termomagnética de la línea a proteger se considera que debe cumplir la siguiente condición:

$$I_b < I_n < I_z$$

Dónde:

I_b : Corriente de diseño del circuito correspondiente

I_n : Corriente nominal del interruptor

I_z : Corriente máxima admisible del conductor protegido.

Esta condición indica que interruptor termomagnético debe dejar circular la corriente necesaria para que la instalación funcione según la demanda prevista, pero no debe permitir que se alcance una corriente que deteriore el cable, concretamente, su aislamiento, que es la parte débil.

Tabla 21. Protecciones termomagnéticas para el sistema de iluminación LED.

Designación	Calibre (AWG)	Corriente de diseño	Corriente nominal interruptor	Corriente máxima admisible	Tipo de instalación (UNE – EN 20460)
TGM - T/T	6	16.84	32	44	D
Inversor - T/T	6	16.84	32	50	B1
T/T - T/E1	6	16.06	20	44	D
T/E1 - Coliseo Sección 1	14	1.84	10	16.5	C
T/E1 - Coliseo Sección 2	14	1.47	10	16.5	C
T/E1 - Campo Exterior 1	10	6.26	20	28.8	D
T/E1 - Campo Exterior 2	10	6.26	20	28.8	D
T/E1 - Graderío	14	0.21	10	16.5	C
T/T - T/E2	12	3.52	20	21	B1
T/E2 - Parqueadero 1	14	1.95	10	16.4	D
T/E2 - Parqueadero 2	14	1.56	10	16.4	D

Fuente: [Autores].

Mediante los valores de corriente máxima admisible y factores de corrección para conductores de la UNE – EN 20460, que se presenta en el anexo 6, se determina las capacidades de los interruptores termomagnéticos.

11.11.2 Fusibles

11.11.2.1 Módulos Fotovoltaicos

La protección de los sistemas fotovoltaico se la realiza mediante fusibles de clase FV. Como ya se mencionó en el fundamentación teórica, este tipo de protección es aplicable para sistemas de tres o más cadenas en paralelo, esto debido a que con dos o menos cadenas en paralelo, la corriente de cortocircuito que se generara, no es significativa para deteriorar lo módulos fotovoltaicos.

11.11.2.1 Baterías

Para la protección en dirección de regulador- baterías, se toma en cuenta la corriente máxima de carga admisible por las mismas que es 34 A, y la corriente máxima que puede entregar el sistema

fotovoltaico mediante el regulador la cual es de 30 A. La capacidad en amperios del fusible debe estar entre estos dos valores y el voltaje debe ser superior a 240 V, que es el voltaje de salida del regulador. Por lo cual se ha seleccionado un fusible cilíndrico de la marca Bussman de 32 A y 600V DC.

Mientras que para la protección en dirección baterías-inversor se debe trabajar con la corriente máxima que demanda el sistema de iluminación a través del inversor, siendo esta de 16.40 A, a un voltaje de 240 V DC, y la corriente máxima admisible por el conductor de acuerdo al tipo de instalación, es de 31 A, este valor se lo encuentra en el anexo 6. La capacidad en amperios del fusible debe estar entre estos dos valores y el voltaje debe ser superior a 240 V, que es el voltaje de salida del banco de baterías. Por lo cual se ha seleccionado un fusible cilíndrico de la marca Bussman de 20 A y 600V DC.

11.11.3 Seccionadores

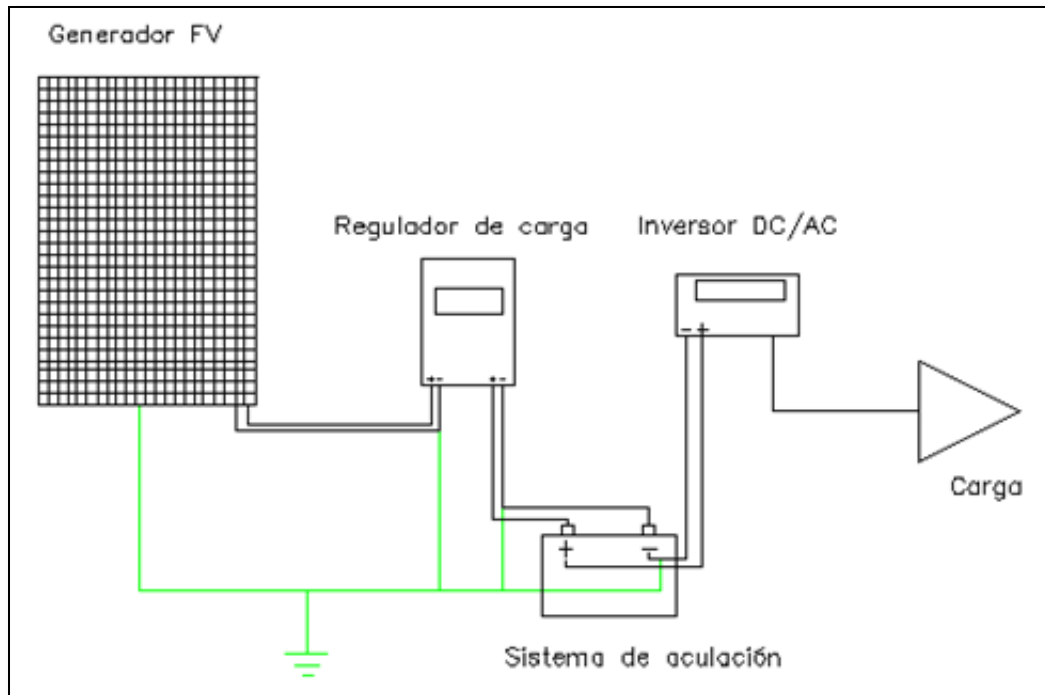
Para la selección del seccionador que estará ubicado en dirección módulos-regulador se trabaja con la corriente máxima que entrega el campo fotovoltaico a 240 V DC, que es el voltaje nominal del campo, siendo de 30 A. El seccionador seleccionado es el inmediato superior, el cual es modelo BYH-32 de la marca ZJ BENY, con una capacidad de 32 A y 600 V, diseñado especialmente para instalaciones fotovoltaicas. Este modelo es mismo para el seccionador ubicado en la dirección regulador-baterías ya que los valores de corriente y tensión son las mismas.

11.11.4 Puesta a tierra

El marco y estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos deben estar conectados a tierra, para ello, mediante terminales de acero inoxidable se conectan tanto los marcos como las estructuras con el cable a tierra. De igual manera las terminales negativas de los módulos fotovoltaicos, las baterías, el regulador e inversor, se conectan a tierra para mayor seguridad. Para el calibre mínimo recomendado para este tipo de instalaciones se puede seleccionar un conductor de un calibre no inferior a 8 AWG o al del mayor conductor presente en el sistema. En cuanto a la resistencia de la puesta a tierra, considerando que existen equipos electrónicos, deber ser como máximo 5 Ω . Para llevar a cabo este proceso es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Cable desnudo calibre 8 AWG.
- Electrodo (Varilla copperweld de 1.8m)
- Conector de varilla de tipo impacto.
- Intensificador de tierra.

Figura 25. Conexión de la puesta a tierra para el sistema fotovoltaico.



Fuente: [Autores].

En la Figura 25, se presenta el esquema de conexión para la puesta a tierra del sistema fotovoltaico propuesto, este mismo estará también conectado al electrodo de tierra del sistema de corriente alterna.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1 Sistema de iluminación

- **Técnico:** El diseño del sistema de iluminación LED, permite mejorar los niveles de iluminación actual en el complejo deportivo, ubicándolos dentro las normativas internacionales correspondientes a este tipo de instalaciones. Adicionalmente el bajo consumo de este tipo de luminarias, permite aprovechar de manera racional la energía, esto se ve reflejado en los bajos valores de eficiencia energética de la instalación de iluminación.
- **Social:** Los sistemas de iluminación diseñados mejorarán notablemente los niveles de iluminación en las distintas áreas del complejo deportivo “La Bombonerita”, cumpliendo con las normas internacionales establecidas para este tipo de instalaciones, y por consiguiente el desarrollo de las actividades se efectuara en un ambiente adecuado, obteniendo beneficios para los individuos, como:
 - Evitar fatiga visual;
 - Evitar deslumbramiento;
 - Disminuir la pérdida de concentración;
 - Mejoramiento del estado de ánimo (rendimiento del color).

12.2 Sistema fotovoltaico

- **Ambiental:** La generación de energía eléctrica a partir de la luz del sol, presenta beneficios como proporcionar energía limpia y verde; debido a que no existen emisiones dañinas de gases de efecto invernadero, ya que el combustible utilizado se puede encontrar en cualquier lugar y de manera gratuita.

También presenta una reducida contaminación auditiva, ya que la mayoría de sistemas no presentan mecanismos móviles que generen ruido, como lo son los sistemas de generación convencional.

El sistema fotovoltaico suplirá al complejo deportivo 5773.75 kWh anualmente, lo cual presenta una reducción de emisiones de CO₂, de aproximadamente 2 toneladas.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Una vez finalizado el diseño del proyecto es necesario conocer los costos, para eso es obligatorio crear una lista de materiales y equipos que son inevitables para la operación del mismo, como segundo punto se debe realizar la estimación temporal (tiempo) que se tomara para la ejecución, y como tercer punto calcular el costo de mano de obra. En la Tabla 22 se detallan el costo para el sistema de Iluminación LED, de igual manera en la Tabla 23 se detalla el costo para el sistema de generación fotovoltaica.

Tabla 22. Costo del Sistema de Iluminación LED.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo unitario importación	Costo Final
Floodligh 20W	Unid.	9	26.72	7.41	307.17
Linear Compact Switch	Unid.	10	15.25	4.28	195.30
Modario LS160	Unid.	9	288.49	184.82	4 259.79
Floodligh 180W	Unid.	16	191.78	51.16	3 887.04
Cable THW # 6 (Rojo)	m	141	1.80	-	253.80
Cable THW # 6 (Blanco)	m	18	1.80	-	32.40
Cable THW # 8 (Verde)	m	53	0.90	-	47.70
Cable concéntrico 3x #14	m	112	1.18	-	132.16
Cable THW # 10 (Rojo)	m	282	0.76	-	214.32
Cable THW # 10 (Verde)	m	141	0.76	-	107.16
Cable THW # 12 (Rojo)	m	2	0.49	-	0.98
Cable THW # 12 (Verde)	m	1	0.49	-	0.49
Cable THW # 14 (Rojo)	m	140	0.34	-	47.60
Cable THW # 14 (Verde)	m	70	0.34	-	23.80
Cable AWG # 14 (Blanco)	m	1	0.34	-	0.34
Breaker 2P 16A	Unid.	4	11.70	-	46.80
Breaker 20A	Unid.	4	11.70	-	46.80
Caja térmica 8P	Unid.	1	37.76	-	37.76
Caja térmica 4P	Unid.	1	28.30	-	28.30
Tablero de transferencia	Unid.	1	503.14	-	503.14
Poste metálico de 6m	Unid.	9	410	-	3 690.00
Poste metálico de 9m	Unid.	8	702.58	-	5 620.64
Cinta aislante 3M	Unid.	3	0.75	-	2.25
Cajetín octagonal	Unid.	9	0.45	-	4.05
Tubo conduit 3/4" X3 Pesado	Unid.	80	1.52	-	121.60
Tubo conduit 1" X3 Pesado	Unid.	6	2.00	-	12.00
Caja de revisión materiales	Unid.	3	10	-	30.00
Codo 1/2"	Unid.	32	0.22	-	7.04
Cable desnudo # 8	m	11	2.80	-	30.80
Varilla copperwel	Unid.	1	8.20	-	8.20

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo unitario importación	Costo Final
Conector de varilla	Unid.	1	7.84	-	7.84
Mejorador de suelo	lb	25	0.72	-	18.00
Interruptor simple com	Unid.	2	2.35	-	4.70
Interruptor doble	Unid.	1	3.39	-	3.39
Interruptor Bticino 642b	Unid.	2	30.35	-	60.70
Salario Ing. Eléctrico	Días	5	30	-	150.00
Salario técnico eléctrico	Días	20	22.92	-	458.40
Salario albañil	Días	5	19.30	-	96.50
					20 498.96

Fuente: [Autores].

Tabla 23. Costo del Sistema de generación Fotovoltaica.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo de importación	Precio Final
Paneles FV	Unid.	20	264	-	5 280
Regulador	Unid.	1	290.59	271.20	561.79
Baterías	Unid.	40	358.40	-	14 336
Inversor	Unid.	1	1709.33	485.90	2 195.23
Cable THW # 10	m	67	0.43	-	28.81
Cable THW # 6	m	3	1.48	-	4.44
Cable desnudo # 8	m	50	2.80	-	140
Cable concéntrico 2x #10	m	33	1.84	-	60.72
Varilla copperwel	Unid.	1	8.20	-	8.20
Fusible bussman 32 A	Unid.	1	55.60	-	55.60
Fusible bussman 20 A	Unid.	1	55.60	-	55.60
Conector de varrilla	Unid.	1	7.84	-	7.84
Mejorador de suelo	lb	25	0.72	-	18
Terminales acero inoxidable	Unid.	24	0.80	-	19.20
Tubería 1/2"	m	1	14.56	-	14.56
Estructura de soporte paneles solares	Unid.	16	50	-	800
Salario técnico eléctrico (Instalación)	Días	10	22.92	-	229.20
					23 815.19

Fuente: [Autores].

13.1 Rentabilidad de la Inversión del sistema de generación fotovoltaica

El tiempo de vida útil que se ha determinado para la instalación es de 23 años, debido a la duración de los paneles fotovoltaicos según los datos entregados por el fabricante. Para analizar la rentabilidad (Tabla 26) de la inversión se emplea dos herramientas muy prácticas denominadas valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR).

13.1.1 Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor Actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos [36].

$VAN > 0$ Se acepta el proyecto.

$VAN = 0$ La aceptación o rechazo del proyecto es opcional.

$VAN < 0$ Se rechaza el proyecto.

13.1.2 Tasa interna de rendimiento/retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos [36]. Para el caso de estudio la tasa referencial utilizada es la del Banco Central del Ecuador del 7.95 % anual, para depósitos a plazo fijo.

13.1.3 Ingresos

El pago de consumo de energía por parte del Sr. Rene Sigchos que efectuaba a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), se convertiría en ingreso, en este caso, el valor de kWh corresponde a \$0.081 debido a que el cliente está catalogado como consumidor comercial sin demanda en bajo voltaje. El valor de ingreso mensual se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Facturación por consumo de energía.

Mes	Nivel de Voltaje (V)	Tipo de Tarifa	Energía (USD/kWh)	Consumo Total kWh	Valor a pagar
Enero	1-300	Bajo Voltaje - Comercial	0.081	348.75	28.24
Febrero				251.87	20.40
Marzo				561.87	45.51
Abril				542.50	43.94
Mayo				581.25	47.08
Junio				561.87	45.51
Julio				348.75	28.24
Agosto				310.00	25.11
Septiembre				561.87	45.51
Octubre				581.25	47.08
Noviembre				561.87	45.51
Diciembre				561.87	45.51
					467.67

Fuente: [Autores].

Como se mencionó anteriormente vida útil del sistema fotovoltaico se considera de 23 años, en la Tabla 24 se muestra los ingresos anuales, que vendría hacer el ahorro monetario, por parte de la facturación por consumo de energía que se pagase a la Empresa Eléctrica Quito.

Tabla 25. Ingresos anuales por ahorro de pago de energía a la EEQ (\$ 0.081 kWh).

Año	Facturación por consumo de energía	Año	Facturación por consumo de energía
1	467.67	14	467.67
2	467.67	15	467.67
3	467.67	16	467.67
4	467.67	17	467.67
5	467.67	18	467.67
6	467.67	19	467.67
7	467.67	20	467.67
8	467.67	21	467.67
9	467.67	22	467.67
10	467.67	23	467.67
11	467.67		
12	467.67		
13	467.67		

Fuente: [Autores].

13.1.4 Egresos

En los egresos están considerados los costos de mantenimiento anual de una central fotovoltaica de \$ 40.94, adicionalmente se incluye el costo de baterías cada 8 años. Anexo 8.

13.1.5 Resultados

Después de haber determinado los valores de ingresos y egresos (Flujo de caja), se ha procedido a determinar el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno. Mirar anexo 8.

Tabla 26. Rentabilidad del proyecto.

Tasa de descuento	VAN	TIR
7.95 %	- \$ 11 343.59	-

Fuente: [Autores].

En la Tabla 26 se muestra que la propuesta actualmente no es rentable porque el VAN es negativo, por esta razón no es necesario calcular el TIR.

En base a la vida útil estimada mediante el número de ciclos de las baterías, se ha planteado tres escenarios (8, 16 y 23 años) en los cuales el sistema resultaría viable, para ello se ha usado el método de interpolación lineal, con el fin de conocer cuál sería el costo exacto del kWh, a partir del cual los tres escenarios planteados resultan viables.

Tabla 27. Precio del kWh para la rentabilidad del proyecto en tres escenarios.

Escenario	Costo kWh (\$)	VAN	TIR
8 años	0.957	0	7.95 %
16 años	0.705	0	7.95 %
23 años	0.602	0	7.95 %

Fuente: [Autores].

En la Tabla 27 se muestra los precios del kWh a partir de los cuales el proyecto sería viable para cada uno de los escenarios planteados, en el anexo 9 se presenta el procedimiento de la interpolación lineal para el escenario en el que el proyecto sería viable en 8 años. El procedimiento descrito en el anexo 9 se ha aplicado en los dos escenarios restantes.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Las luminarias para cada sección del complejo deportivo, han sido seleccionadas de acuerdo a sus características técnicas, tanto desde el punto de vista del consumo y eficacia que estas tienen, así como las perturbaciones (deslumbramiento) que estas pueden ocasionar en los individuos, debido a las curvas fotométricas propias de cada luminaria.
- El deslumbramiento que puedan ocasionar los sistemas de iluminación tanto interior como exterior, se ve afectado por dos parámetros; el primero siendo propio de los sistemas, como lo son las curvas fotométricas y el apantallamiento de cada luminaria; y el otro ajeno al propio sistema, como lo son las texturas y colores del entorno.
- El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI), ha permitido determinar cuál de los sistemas de iluminación es más eficiente, esto en base a la potencia, superficie iluminada y el valor medio de iluminancia, obteniendo valores bajos (indicador de mayor eficiencia) para el sistema de iluminación LED.
- Los sistemas fotovoltaicos se diseñan a partir de un estudio previo de la radiación solar incidente en el sitio de estudio, o mediante datos históricos que están disponibles en diferentes fuentes, para el presente estudio se usó los datos del software Meteonorm, debido a su sofisticado modelo de interpolación. Para el proceso de dimensionamiento del sistema fotovoltaico se consideró el mes de julio, como el mes más desfavorable con una radiación de 3.55 kWh/m²día, en cuanto a los niveles de radiación solar disponible en el año, asegurando el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico para el resto de meses.
- Para reducir las caídas de voltajes en los tramos; módulo fotovoltaico-regulador, regulador-baterías y baterías-inversor, y también reducir la sección del cable en estos tramos, se ha diseñado del sistema de fotovoltaico con un regulador e inversor que manejan voltajes en DC relativamente altos en cuanto los valores comúnmente usados en el mercado.
- En cuanto a la orientación de los módulos fotovoltaicos, y debido a que el emplazamiento se encuentra a latitud 0°, se ha establecido un acimut de 0°, con respecto al sur, con el fin de aprovechar la mayor cantidad de radiación solar. Para la inclinación de los módulos sea

determinado que el ángulo óptimo es de 3.7°, pero por motivos de limpieza de los mismos, se diseñó el sistema fotovoltaico con una inclinación de 15°.

- Con el fin de prolongar la vida útil de las baterías se ha establecido un régimen de descarga del 30%, con lo cual aproximadamente cada 8 años se debería hacer el cambio de las mismas. Adicionalmente se ha optado por baterías existentes en el mercado local, con el fin de abaratar los costos de inversión.
- Este tipo de proyectos de energías renovables pueden estar sujetos a inversión por parte de ONGs internacionales, siempre y cuando no tenga fines de lucro. Otro tipo de inversión o ingreso que se consideró en el presente estudio fueron los bonos de carbono, pero a como se encuentran en la actualidad los precios de la tonelada de CO₂, no resulta factible realizar los trámites pertinentes, pues el ingreso que se tendría es relativamente insignificante.
- Los resultados de los indicadores económicos, han permitido determinar qué, para la factibilidad del proyecto el kWh debería estar a un precio de 60 ctvs. Esto debido a que la tasa de interés para este tipo de entidades oscila entre 8.79% a 11.83%.

14.2 Recomendaciones

- Al momento de diseñar sistemas de iluminación, se debe tomar en consideración la superficie a iluminar, para verificar a qué clase de alumbrado pertenece. Con este precepto se puede determinar las luminarias que cumplan con las especificaciones de la clase de alumbrado, a fin de evitar cualquier tipo de perturbación en el personal que se encuentre dentro del área.
- Para realizar la simulación de un sistema de iluminación para una determinada área, primero se debe verificar si las luminarias seleccionadas se encuentran disponibles en el mercado, debido a que en los catálogos de luminarias expuestos en el software Dialux por los fabricantes se encuentran desactualizados y existen luminarias que actualmente en el mercado están descontinuadas.
- Se debe tomar especial atención en las texturas y colores con los que se modelan las diferentes superficies, con el fin de obtener resultados más próximos a la realidad, se recomienda utilizar las texturas propias de cada elemento que influya dentro del área de simulación.

- Se debe tomar en cuenta los factores de corrección debido a la inclinación y orientación de los módulos, además de las sombras existentes en emplazamiento del campo fotovoltaico, para determinar el valor correcto de la radiación incidente.
- Para los diferentes equipos del sistema fotovoltaico se debe constatar que cuenten con las características técnicas adecuadas y protecciones necesarias de acuerdo al tipo de instalación. Adicional a las protecciones, se debe instalar equipos de seccionamiento para aislar los equipos en caso de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

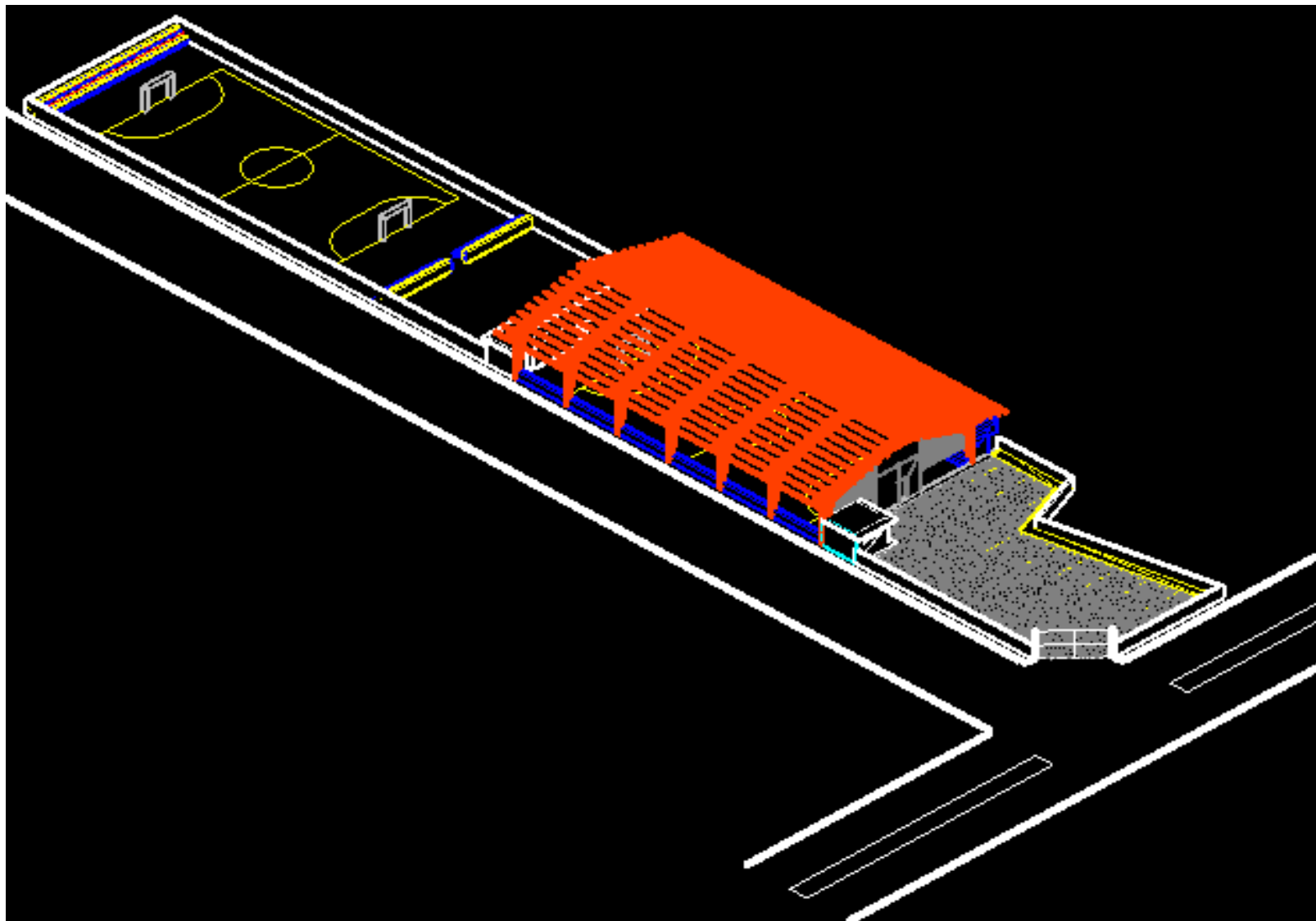
- [1] M. N. Gordillo Lema y M. F. Freire Loayza, *Alternativas de Iluminación para el Parque EL PARAÍSO de Cuenca*, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2013.
- [2] F. E. Condori Choque, *CALCULO Y DISEÑO DE ILUMINACIÓN DEL CAMPO DEPORTIVO DE FUTBOL DE LA UANCV MEDIANTE SOFTWARE APLICATIVO*, Juliaca - Peru: Univerdiad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2015.
- [3] ANPIER, Anuario Fotovoltaico, 2018.
- [4] Vanguardia, «La Vanguardia,» *El sol brilla de nuevo en el sector fotovoltaico español*, 19 Febrero 2018.
- [5] E. L. XXI, «Países líderes en energía solar en America LATina,» *Energia Limpia*, pp. 2,3, 2016.
- [6] E. Comercio, *Los clientes tienen incentivos para instalar paneles solares*, 10 Noviembre 2018.
- [7] C. Molina Amaya y G. Mantilla Q, *PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN*, Cúcuta: SENA, 1986.
- [8] J. Guasch Farrás, *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO: ILUMINACION*, Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001.
- [9] T. Alvarez Bayona , *ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO*, Madrid : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015.
- [10] R. Ganslandt y H. Hofmann, *Manual - Como planificar con luz*, Barcelona: Molins de Rei, 2000.
- [11] G. Enríquez Harper, *EL ABC DEL ALUMBRADO Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN*, Mexico D.F: LIMUSA S.A, 2004.
- [12] Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid, *Guía de Iluminación Eficiente: Sector Residencial y Terciario*, Madrid: Gráficas Arias Montano, S.A., 2006.
- [13] Asociación Española de Normalización y Certificación , *Norma Española; Iluminación de Instalaciones Deportivas*, Madrid: AENOR, 2002.
- [14] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, *Guía de Ahorro Energético en Garajes y Aparcamientos*, Madrid: Direccion General de Industrias Energías y Minas, 2007.
- [15] Asociacion Española de Normalización, *Iluminación de carreteras.*, Madrid : Asociacion Española de Normalización, 2016.

- [16] J. Shuster, Addressing Glare in Solid-State Lighting, New York: Eaton's Ephesus Lighting, 2017.
- [17] Asociación Española de Normalización y Certificación , Norma europea sobre la iluminación para interiores, Madrid: AENOR, 2002.
- [18] Indalux Iluminación Técnica, S.L, Manual de Luminotécnia Indalux, Valladolid: Grupo Indal, 2002.
- [19] C. . R. Botta, R. DelMont y R. Reddy, Estadios de Fútbol; Recomendaciones Técnicas y Requisitos, 5ta Edición ed., Zürich: FIFA Federation Internationale de Football Association, 2011.
- [20] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Guía sobre tecnología LED en alumbrado, Madrid: BOCM, 2015.
- [21] D. Barberá, Introducción a la Energía Fotovoltaica.
- [22] EcuRED, «Radiación solar,» 2013. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Radiaci%C3%B3n_solar.
- [23] D. O. Pérez, ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2009.
- [24] C. Arancibia, R. Best y Brown, Energía del Sol, 2010.
- [25] Tecnología, «Energía Solar Fotovoltaica,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/energia-solar-fotovoltaica.htm>. [Último acceso: 6 Diciembre 2018].
- [26] M. Á. Egado, Energía Solar Fotovoltaica: Perspectivas tecnológicas, Valladolid, 2012.
- [27] E. Alcor, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Promotora General De Estudios, 2011.
- [28] F. D. J. Acevedo, DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CON CAPACIDAD PARA 3 KILOVATIOS, Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD José Acevedo y Gómez, 2016.
- [29] J. Fernández, Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil, Universidad Carlos III, 2009.
- [30] M. A. Abella, Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos, 2005.
- [31] M. Gutiérrez, MANUAL DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAÍCOS, 2002.

- [32] Ó. Perpiñan, A. Colmenar y M. Castro, Diseño de Sistemas Fotovoltaicos, 2012.
- [33] Eaton Industries Manufacturing GmbH, Protección de Circuitos Solares Completa y Fiable, BR132003EN ed., Londres: EATON, 2014.
- [34] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, NEC Instalaciones Eléctricas, 2018.
- [35] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado - España, Guía Anexo 2. Caída de Tensión - Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC, Madrid: Publicaciones de la Administración General del Estado, 2019.
- [36] M. R. Mete, VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSION, 2014.

ANEXOS

Anexo 1 . Vista 3D del complejo deportivo “La Bombonerita”



Anexo 2. Especificaciones técnicas del modulo fotovoltaico Eco Green Energy 360Wp/24V DC.



Engineering drawings		IV curves							
Temperature characteristics									
NOCT	45 °C ±2 °C								
Temperature coefficient of Pmax	-0.41 %/°C								
Temperature coefficient of Voc	-0.31 %/°C								
Temperature coefficient of Isc	+0.06 %/°C								
Electrical characteristics at STC*									
Power output (Pmax)	310 W	315 W	320 W	325 W	330 W	335 W	340 W	345 W	350 W
Panel efficiency	15.98 %	16.23 %	16.50 %	16.75 %	17.01 %	17.27 %	17.52 %	17.78 %	18.04 %
Maximum power voltage (Vmp)	37.04 V	37.06	37.15 V	37.53V	37.88 V	37.93 V	38.54 V	38.41 V	38.71 V
Maximum power current (Imp)	8.36 A	8.45 A	8.52 A	8.61 A	8.68 A	8.75 A	8.82 A	8.98 A	9.04 A
Open circuit voltage (Voc)	45.42 V	45.61 V	45.87 V	45.99 V	46.28 V	46.55 V	46.76 V	46.64 V	46.88 V
Short circuit current (Isc)	8.83 A	8.91 A	8.97 A	9.05 A	9.12 A	9.18 A	9.24 A	9.32 A	9.38 A
*Standard test conditions: irradiance: 1000 W/m ² • cell temperature: 25 °C • AM: 1.5									
Electrical characteristics at NOCT*									
Power output (Pmax)	231 W	235 W	239 W	242 W	246 W	250 W	254 W	257 W	261 W
Maximum power voltage (Vmp)	29.42 V	34.94 V	35.23 V	35.40 V	35.65 V	35.89 V	36.13 V	36.01V	36.29 V
Maximum power current (Imp)	6.64 A	6.71 A	6.76 A	6.84 A	6.89 A	6.95 A	7.01 A	7.13 A	7.18 A
Open circuit voltage (Voc)	42.12 V	42.30 V	42.54 V	42.65 V	42.92 V	43.17 V	43.36 V	43.25 V	43.48 V
Short circuit current (Isc)	7.18 A	7.24 A	7.29 A	7.36 A	7.42 A	7.46 A	7.51 A	7.58 A	7.63 A
*Nominal operating cell temperature: irradiance: 800 W/m ² • ambient temperature: 20 °C • AM: 1.5 • wind speed: 1 m/s									
General characteristics		Operating conditions							
Cell type	Monocrystalline (156.75×156.75 mm)	Operating temperature range	-45 °C ~ +85 °C						
Number of cells	72	Max system voltage	1000 V						
Dimensions	1956×992×40 mm	Max series fuse rating	20 A						
Weight	22.8 kg	Max front load (ex: snow)	5400 Pa						
Glass	3.2 mm tempered glass	Max back load (ex: wind)	2400 Pa						
Frame	Anodized aluminium alloy	Packaging							
Junction box	IP65 or IP67	Per pallet	26 pcs						
Cable	0.9 m	Per 20ft GP container	300 pcs						
Connector	MC4 or MC4 compatible	Per 40ft GP container	640 pcs						
		Per 40ft HQ container	660 pcs						

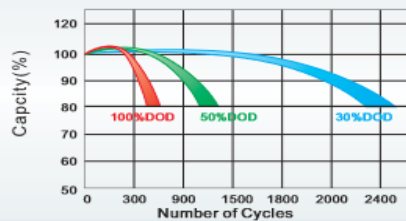
Anexo 3 . Especificaciones técnicas del regulador 240V-30A de la marca Jinan Deming Power Equipment Co., Ltd.

No. de Modelo	240V30A	240V50A	240V60A	240V80A
Especificaciones				
Potencia	7200 W	12000 W	14400 W	19200 W
Precio	€255 / Unidad	€277 / Unidad	€330 / Unidad	€549 / Unidad
Datos Eléctricos				
Potencia Solar Max. De Entrada	7200 W	12000 W	14400 W	19200 W
Voltaje Max. De Circuito Abierto del Panel Solar	500 V	500 V	500 V	500 V
Voltaje Nominal del Sistema (Batería)	240 V	240 V	240 V	240 V
Autoconsumo	≤ 150 mA	≤ 150 mA	≤ 150 mA	≤ 150 mA
Datos generales				
Dimensiones (A/A/F)	520x430x200 mm	520x430x200 mm	520x430x200 mm	520x430x200 mm
Peso	12,00 Kg	12,00 Kg	12,00 Kg	12,00 Kg
Voltaje de Carga de Flotador	276,0 V	276,0 V	276,0 V	276,0 V
Coefficiente de Compensación de Temperatura	-4mV/°C@2V			
Rango de Compensación de Temperatura	-35 – +80 °C			
Clase Protectora	IP 20			
Rango de Temperatura	-30 – +60 °C			
Humedad	0 - 90 %			
Altitud Max.	3000 m			
Puertos de Comunicación	Ethernet, USB, RS 485			
Visualización	LCD			
Modo de Refrigeración	Ventilador			
Características de Protección				
Características de Protección	Proteccion Corto-Circuito, Protección de Sobrecarga, Protección de Sobrecalentamiento			

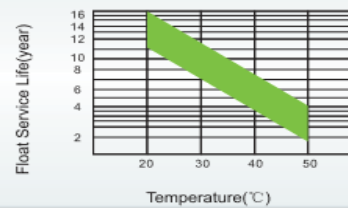
Anexo 4 . Especificaciones técnicas de las baterías 6-GFM-150Ah.

Battery Construction		General Features	
Component	Material	Maintenance free	
Positive plate	Lead dioxide	Convenient for installation	
Negative plate	Lead	Safety and no leakage	
Container	ABS	Excellent recharge and discharge performance	
Cover	ABS	Low self-discharge rate, charge each standby 6 months, temperature 25°C	
Safety valve	Rubber	Adapt to high or low temperature	
Terminal	Copper	Good deep discharge performance	
Electrolyte	Gelled acid	Longer cycle life	
		UL approval	
Performance Characteristics			
1.Dimension and weight		5.Charge Method: constant-voltage charging at 25°C (77° F)	
Length	486mm	Cyclic use	14.4~14.9V
Width	171mm	Maximum charging current	37.5A
Height	241mm	Temperature Compensation	-30mV/°C
Total Height	241mm	Float Use	13.6~13.8V
Reference Weight	47kg	Temperature Compensation	-20mV/°C
2.Functional Parameter		6.Environment Temperature Requirements	
Rated Voltage	12V	Discharge Temperature	-20~60°C
Numbers of cells	6 Cells	Charge Temperature	0~50°C
Designed Life	10~12 Years	Storage Temperature	-20~60°C
3.Rated Capacity at 25°C (77° F)		7.Inner Resistance&Max. Discharge Current	
10 hr rate (0.1C, 10.8V)	150Ah	A fully charged battery at 25°C (77° F)	4mΩ
3 hr rate (0.25C, 10.8V)	108.7Ah	Max. Discharge Current	2250A(5s)
1 hr rate (0.55C, 10.5V)	82.4Ah	Short Circuit Current	7500A
4.Capacity affected by Temperature (10hour rate)		8.Self-discharge	
40 °C (104° F)	103%	3% Of the capacity per month at 25°C (77° F)	
25 °C (77° F)	100%	Capacity after 3 month storage	91%
0 °C (32° F)	85%	Capacity after 6 month storage	82%
-15°C (5° F)	65%	Capacity after 12 month storage	64%

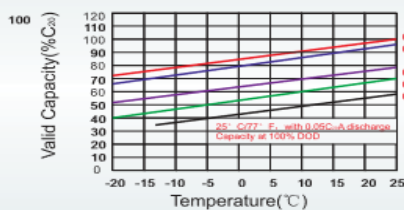
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



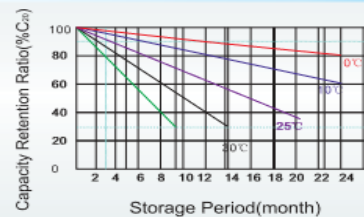
Float Service Life



Temperature and Valid Capacity



Self Discharge Characteristics



Anexo 5. Especificaciones técnicas del inversor Fronius Primo 5.0.1.

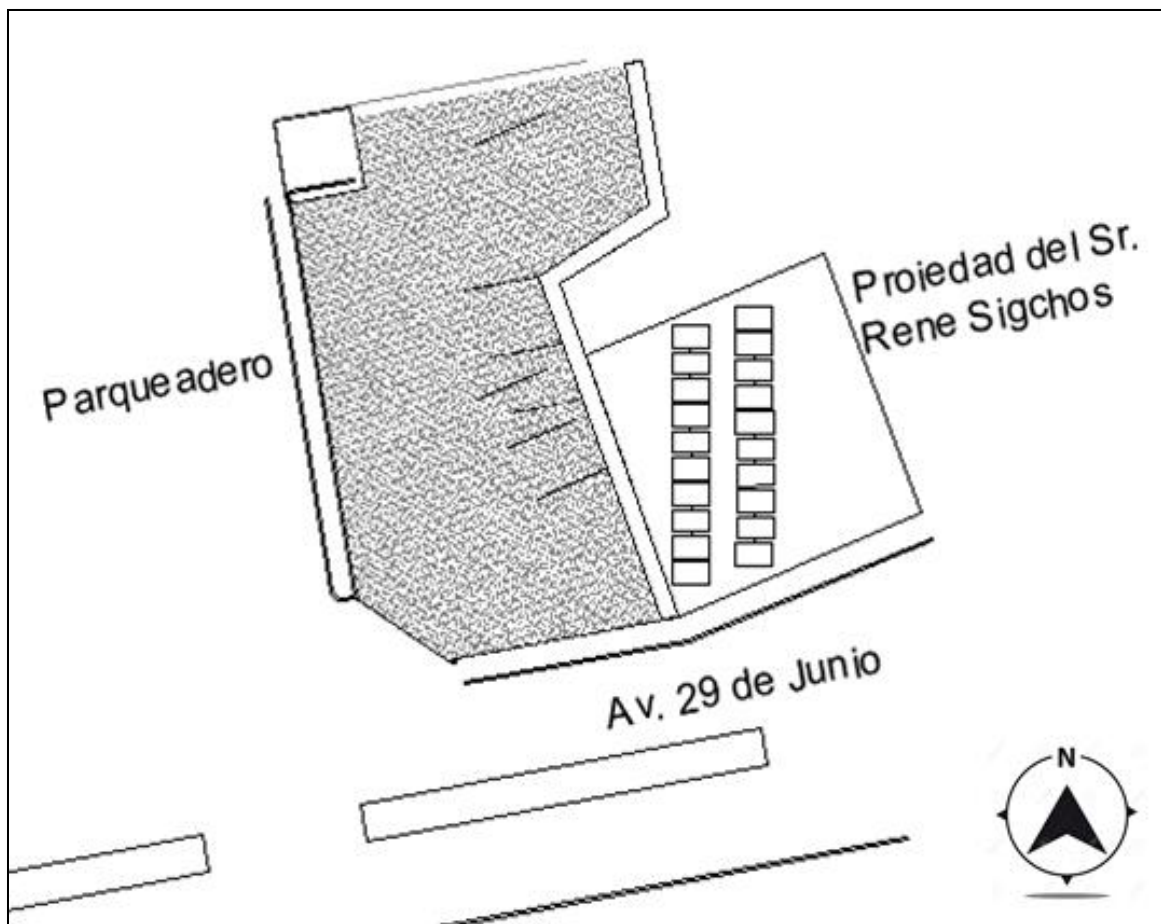
DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{da\ máx. 1} / I_{da\ máx. 2}$)	12 A / 12 A	18 A / 18 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1 / MPP_2)	18 A / 18 A	27 A / 27 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{da\ mín.}$)	80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{da\ arranque}$)	80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{da,n}$)	710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{da\ máx.}$)	1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	240 - 800 V		270 - 800 V
Número de seguidores MPP	2		
Número de entradas CC	2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{da\ máx.}$)	7,5 kW _{pin}	9,0 kW _{pin}	12,5 kW _{pin}
DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,n}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)		
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %		
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,n}$)	0,85 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm		
Peso	21,5 kg		
Tipo de protección	IP 65		
Clase de protección	1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3		
Consumo nocturno	< 1 W		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 %		
Máxima altitud	4.000 m		
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²		

Anexo 6. Intensidades admisibles según la UNE – 20460

EN - UNE 20460 Intensidades admisibles en amperios Temperatura 40 C en el aire															
Instalación de referencia		Instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
		A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
A2	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
		B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
B1	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
		E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
B2	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
		Sección mm ² /AWG	COBRE												
C	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	1.5/14	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
		2.5/12	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
D	Cable multiconductor en conductos enterrados.	4/10	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
		6/8	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
E	Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	10/6	34	37	40	44	50	52	54	60	64	68	76	-	
		16/4	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
F	Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	25/2	59	64	70	77	84	88	96	103	110	116	123	140	
		35/1	-	77	96	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
G	Cables unipolares espaciados al aire libre. Distancia entre ellos mínimo el diámetro del cable	50/1-0	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
Factor de corrección por número de circuitos										D mm ² /AWG	XLPE3	XLPE2	PVC3	PVC2	
Disposición / # circuitos		1	2	3	4						1.5/14	21	24.5	17	20.5
Empotrados o embutidos		1	0.8	0.7	0.7						2.5/12	27.5	32.5	22.5	27.5
Sobre pared, suelo o superficie		1	0.85	0.8	0.75						4/10	35	42	29	36
Fijado bajo techo		0.95	0.8	0.7	0.7						6/8	44	53	37	44
Bandeja perforada		1	0.9	0.8	0.75						10/6	58	70	49	59

Anexo 7 . Ubicación de los modulos fotovoltaicos



Anexo 8. Resumen de los indices economicos (\$ 0.081 kWh)

Año	Inversión	Facturación por consumo de energía	Costos de operación/mantenimiento	Total
0	-23815.19			-23 815.19
1		467.67	40.94	426.73
2		467.67	40.94	426.73
3		467.67	40.94	426.73
4		467.67	40.94	426.73
5		467.67	40.94	426.73
6		467.67	40.94	426.73
7		467.67	40.94	426.73
8	-14336	467.67	40.94	-13 909.27
9		467.67	40.94	426.73
10		467.67	40.94	426.73
11		467.67	40.94	426.73
12		467.67	40.94	426.73
13		467.67	40.94	426.73
14		467.67	40.94	426.73
15		467.67	40.94	426.73
16	-14336	467.67	40.94	-13 909.27
17		467.67	40.94	426.73
18		467.67	40.94	426.73
19		467.67	40.94	426.73
20		467.67	40.94	426.73
21		467.67	40.94	426.73
22		467.67	40.94	426.73
23		467.67	40.94	426.73
Tasa de descuento			7.95%	
VAN			-11,343.59	

Anexo 9. Costo del kWh para factibilidad en 8 años.

Para realizar la interpolación lineal del VAN, se debe calcular un VAN de valor negativo y uno de valor positivo, como se muestra en la siguiente tabla para el escenario de 8 años.

8 Años			
Costo anual 1	4 000	Mant.	40.94
Costo anual 2	7 000	Baterías	14 336
Tasa	7.95%	Inversión	23 815.19
1	3 959.06	6 959.06	
2	3 959.06	6 959.06	
3	3 959.06	6 959.06	
4	3 959.06	6 959.06	
5	3 959.06	6 959.06	
6	3 959.06	6 959.06	
7	3 959.06	6 959.06	
8	-10 376.94	-7 376.94	
VAN	-8 794.71	8 477.97	

Mediante la siguiente expresión para la interpolación lineal, se calcula cual sería el costo a partir del cual el proyecto sería viable en 8 años.

$$y = \frac{(x - x_1)y_2 + (x_2 - x)y_1}{(x_2 - x_1)}$$

$$y = \frac{(0 - (-8 794.71)) * 7000 + (8 477.97 - 0) * 4000}{(8 477.97 - (-8 794.71))}$$

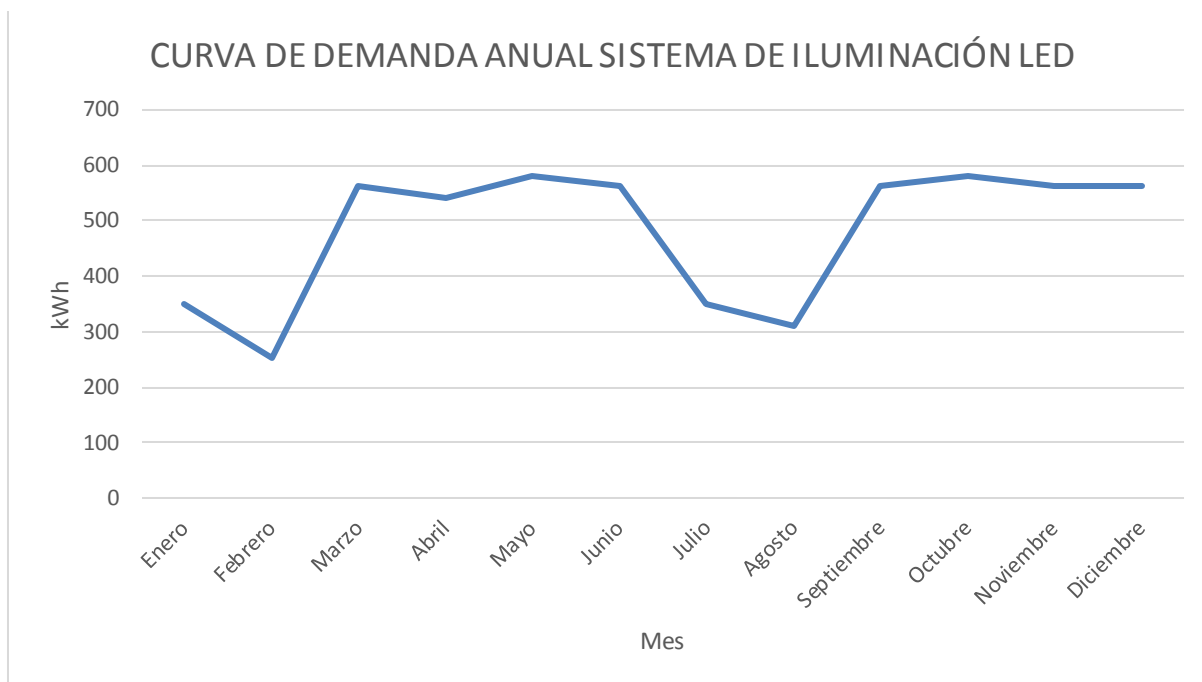
$$y = \$ 5 527.51 \text{ costo anual}$$

$$\text{Costo del kWh} = \frac{5 527.51\$}{5 773.75kWh} = 0.9573 \frac{\$}{kWh}$$

Finalmente se calcula el VAN y TIR para comprobar los valores obtenidos

Interpolación Lineal VAN=0			
VAN (Proyectado)	0		
Costo anual	5 527.51	\$/kWh	0.95735121
Inversión	-23 815.19		
1	5 486.57		
2	5 486.57		
3	5 486.57		
4	5 486.57		
5	5 486.57		
6	5 486.57		
7	5 486.57		
8	-8 849.43		
VAN	\$0.00		
TIR	7.95%		

Anexo 10. Curva de demanda anual del Complejo Deportivo “La Bombonerita”, para el sistema de iluminación LED.



Anexo 11. Estimación de uso mensual del Complejo Deportivo “La Bombonerita”

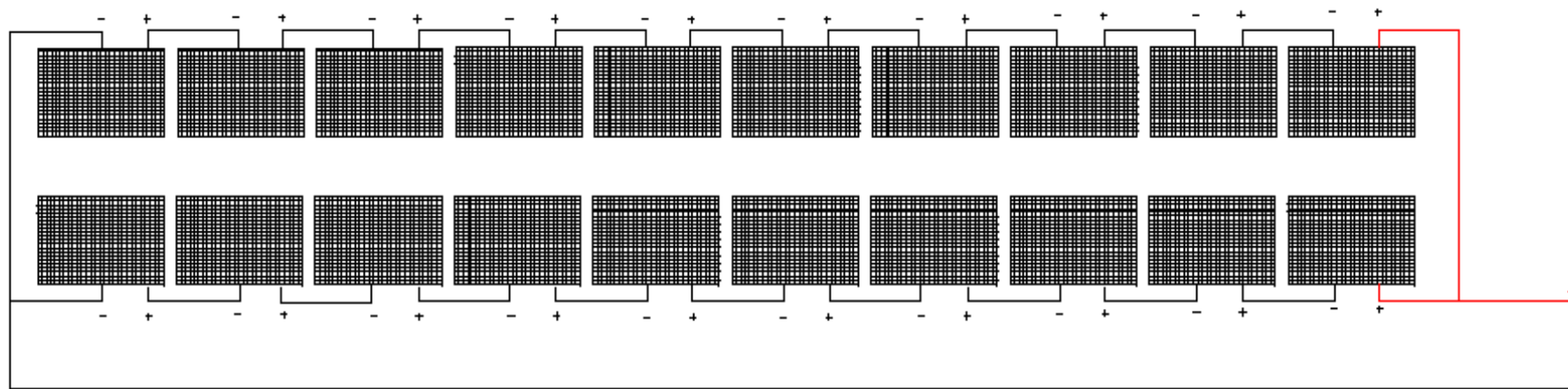
ENERO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
FEBRERO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				
MARZO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	
ABRIL						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						
MAYO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			
JUNIO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

JULIO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					
AGOSTO						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
SEPTIEMBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
OCTUBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
NOVIEMBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		
DICIEMBRE						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

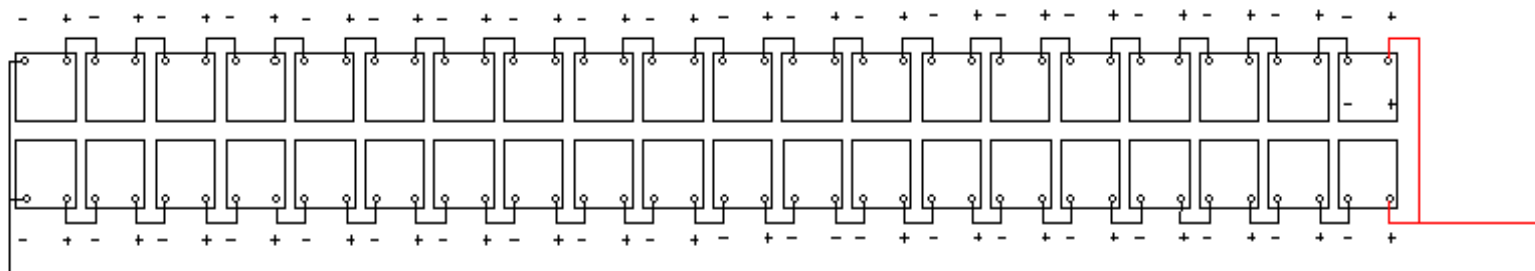
	Uso particular
	Uso oficiales de la policia - Club <u>Rhinio</u>
	Uso empleados municipales
	Campeonato
	Uso Club "Un Solo Toque" Sub 50-40

Anexo 12. Conexión de los módulos fotovoltaicos y baterías.

Conexión de módulos fotovoltaicos

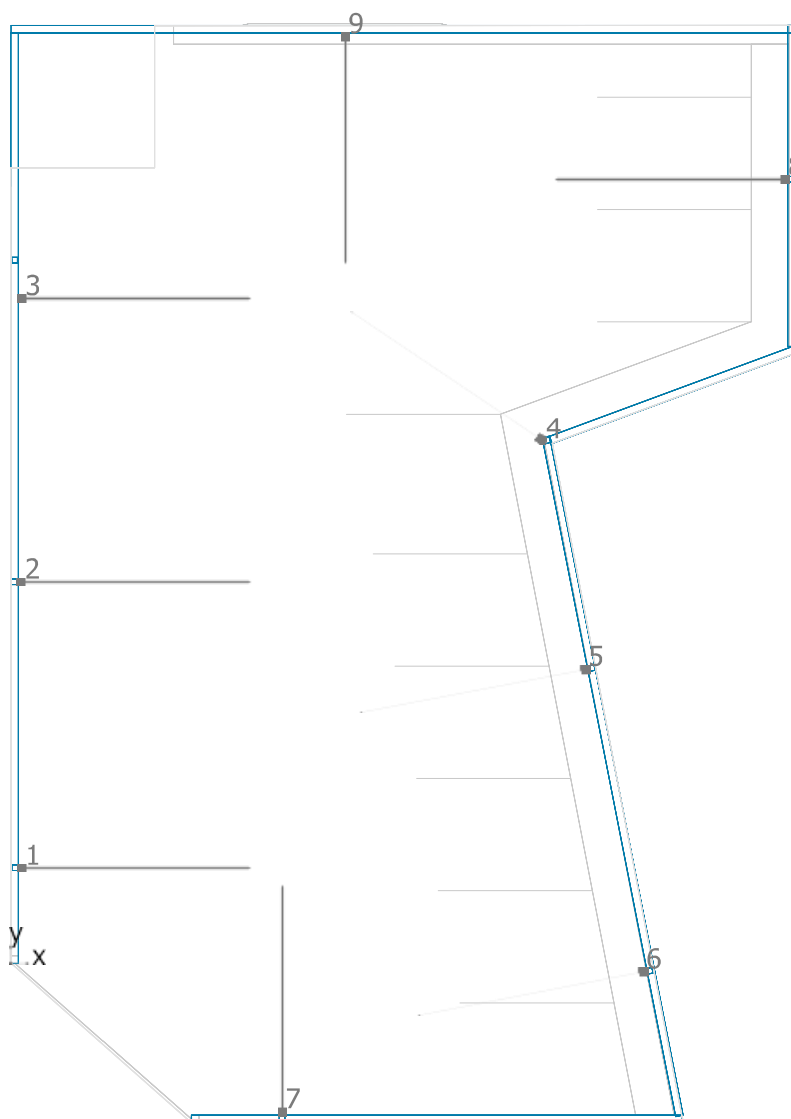


Conexión de baterías



Aparcamiento

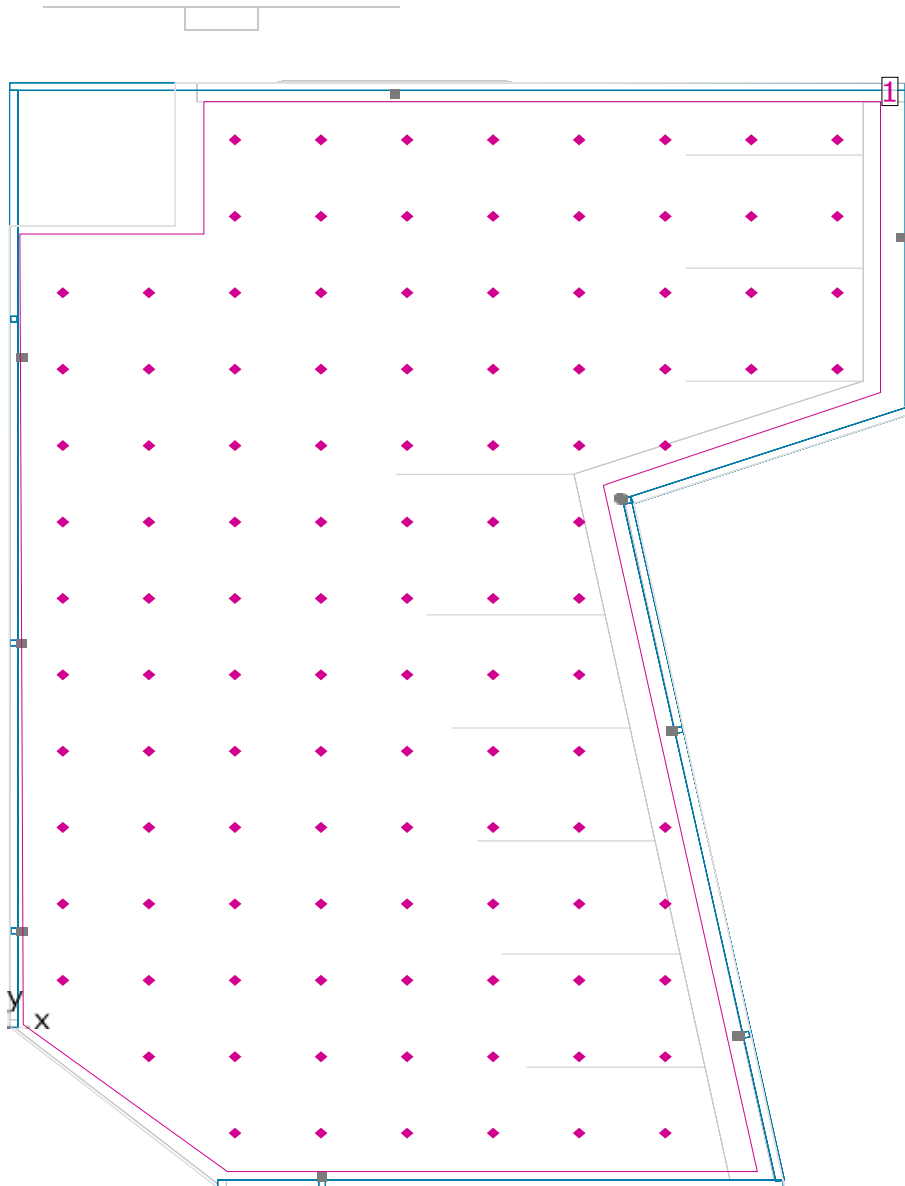
DIALux



LEDVANCE 4058075097544 FLOODLIGHT 20 20 W 6500 K IP65 WT

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.182	2.552	6.000	0.80
2	0.166	10.199	6.000	0.80
3	0.180	17.774	6.000	0.80
4	14.099	13.960	6.000	0.80
5	15.278	7.872	6.000	0.80
6	16.808	-0.218	6.000	0.80
7	7.172	-4.077	6.000	0.80
8	20.546	20.950	6.000	0.80
9	8.832	24.860	6.000	0.80

Aparcamiento



Factor de degradación: 0.80

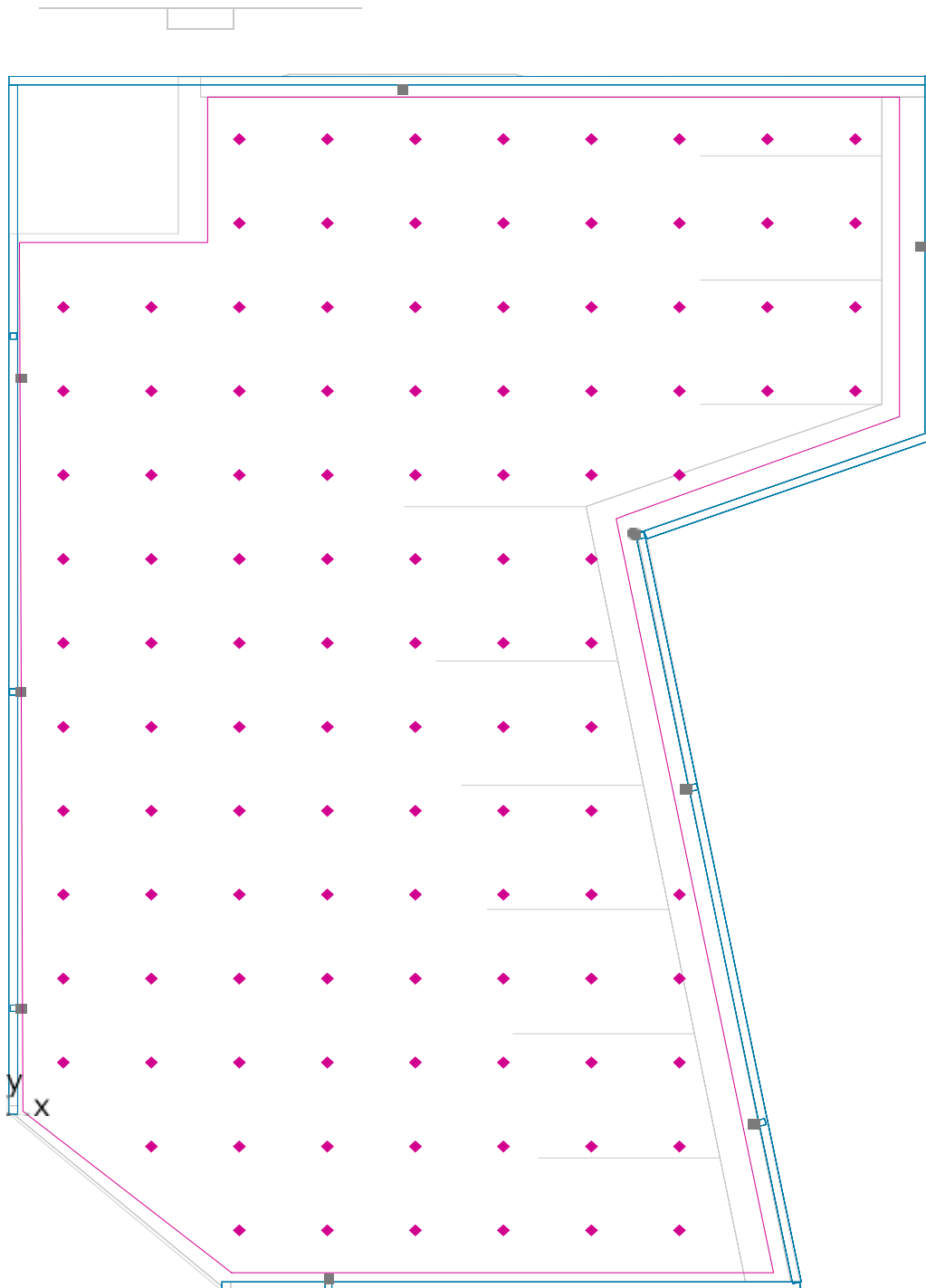
General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 PARQUEADERO	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 0.000 m	20.0	12.0	24.8	0.60	0.48

Evaluación del deslumbramiento

Superficie	Resultado	Min	Max	Valor límite
1 PARQUEADERO GR	Altura: 1.200 m	<10	23	≤50

Aparcamiento / Intensidad lumínica horizontal



Factor de degradación: 0.80

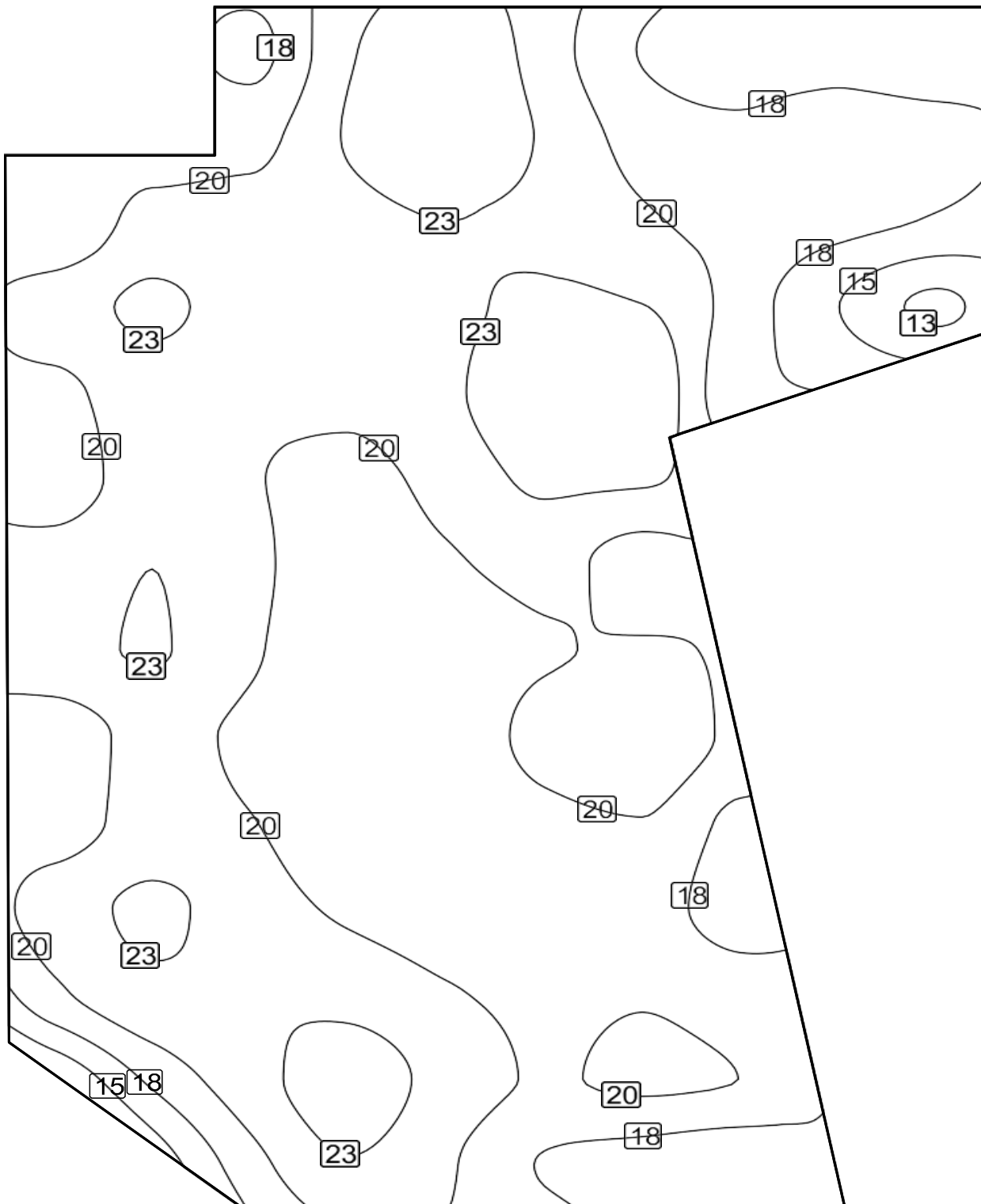
PARQUEADERO: Intensidad lumínica horizontal (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 20.0 lx, Min: 12.0 lx, Max: 24.8 lx, Mín./medio: 0.60, Mín./máx.: 0.48

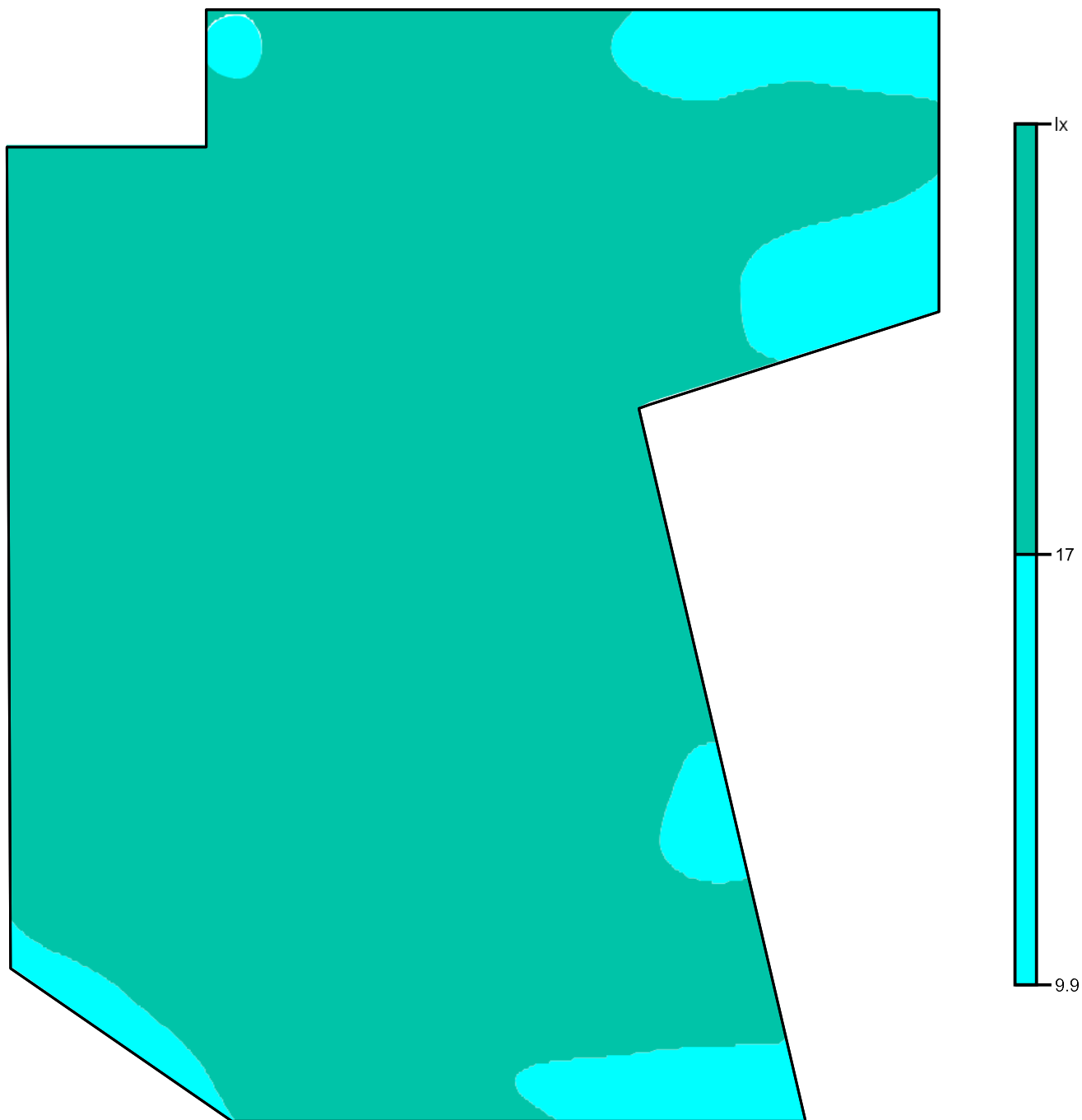
Altura: 0.000 m

Isolíneas [lx]



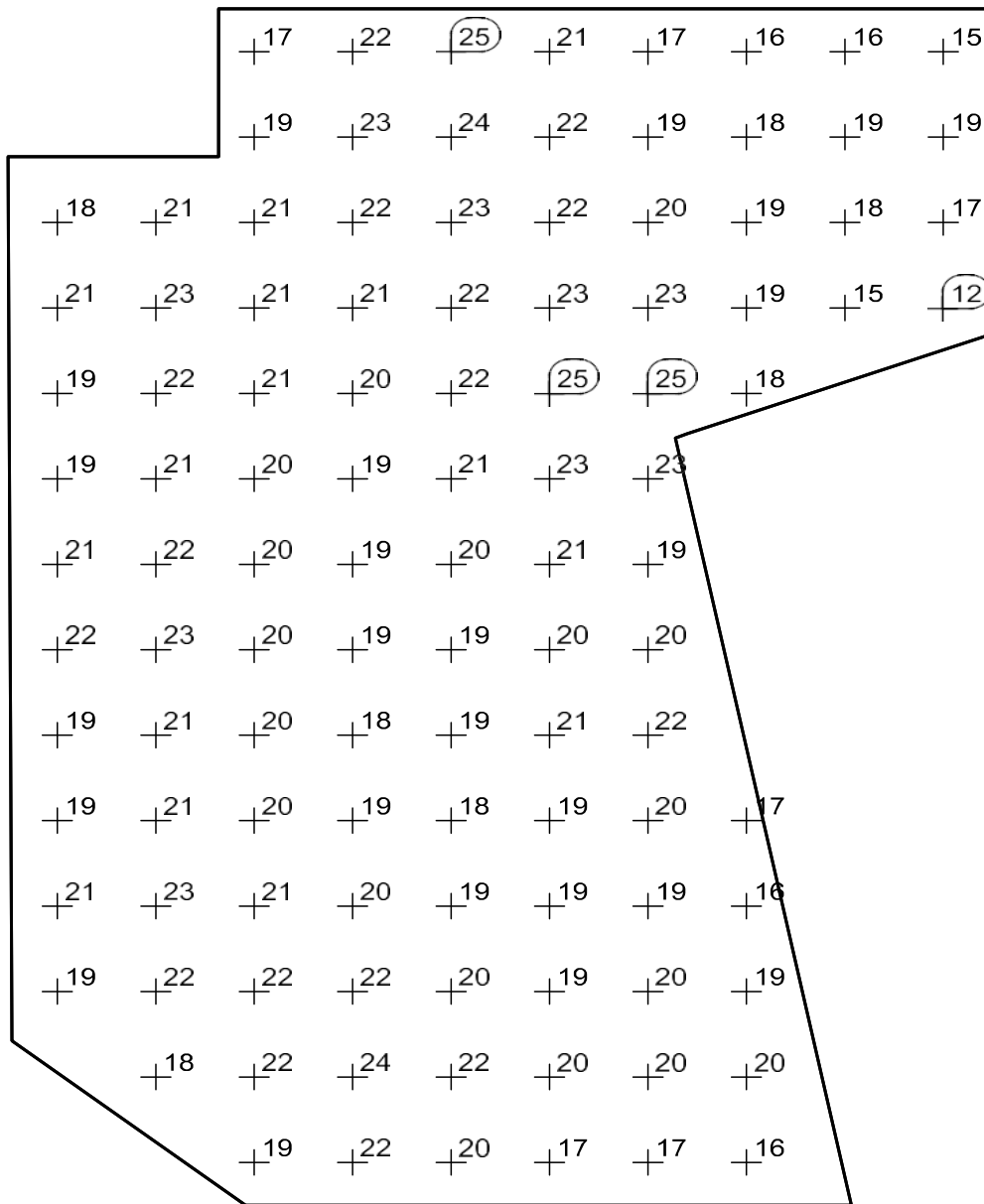
Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Sistema de valores [lx]

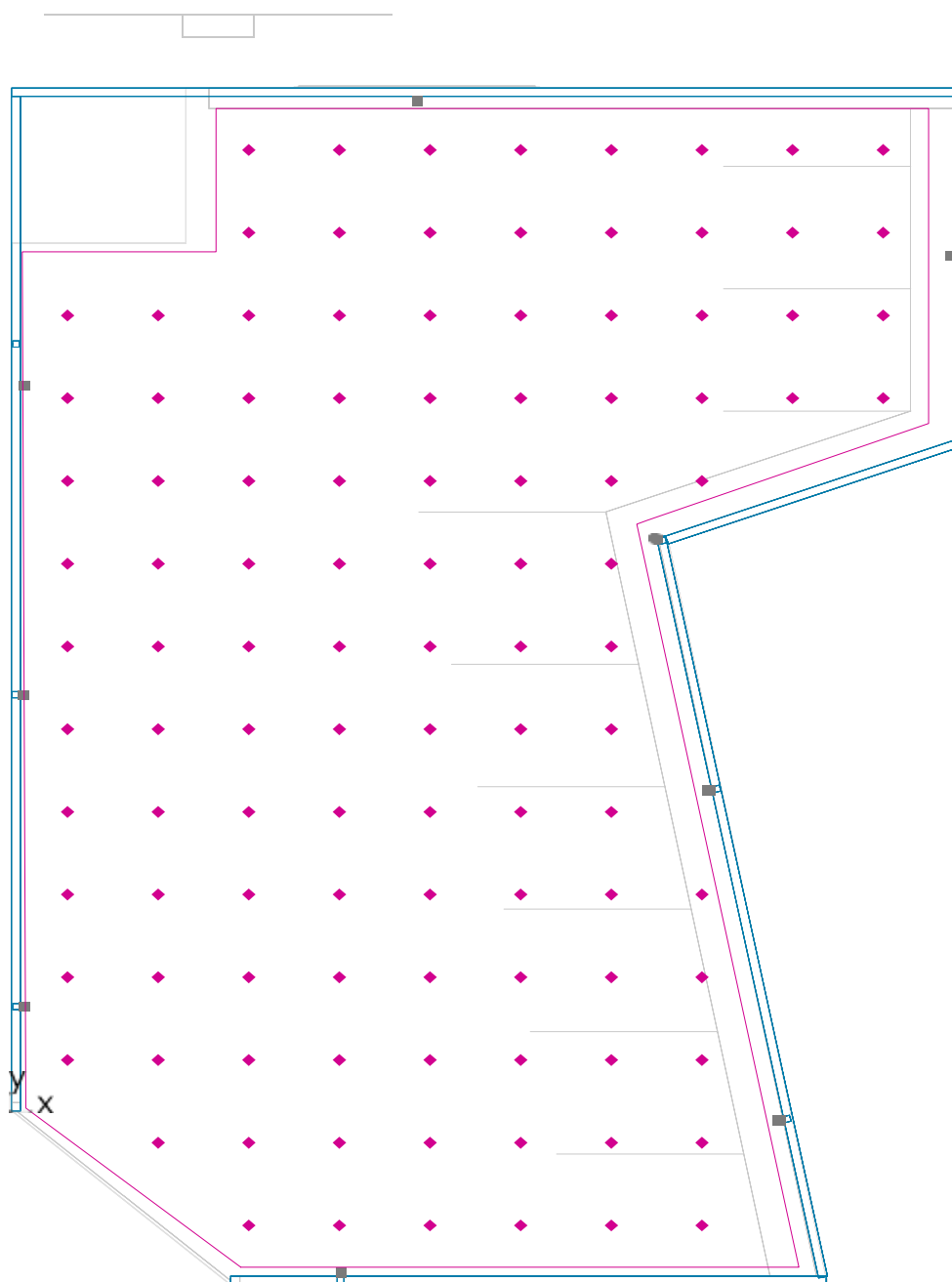


Escala: 1 : 200

Tabla de valores [lx]

m	-8.673	-6.701	-4.729	-2.756	-0.784	1.188	3.160	5.133	7.105	9.077
10.611	/	/	16.8	22.2	24.7	21.3	17.4	15.9	16.2	15.1
8.583	/	/	19.2	22.7	24.4	22.2	19.0	18.1	19.2	18.8
6.556	18.1	20.7	20.7	21.6	22.5	22.0	20.4	18.9	18.3	17.3
4.528	21.2	22.9	21.4	20.9	21.9	23.0	22.6	18.8	15.0	12.0
2.501	19.4	21.5	20.6	20.5	21.9	24.8	24.5	18.0	/	/
0.474	18.8	21.2	20.1	19.5	20.7	23.0	22.8	/	/	/
-1.554	21.1	22.5	20.4	19.2	19.7	20.8	19.0	/	/	/
-3.581	21.6	22.7	20.3	18.6	18.8	19.8	20.3	/	/	/
-5.609	18.8	20.7	19.5	18.4	18.6	20.8	22.0	/	/	/
-7.636	18.9	21.0	20.1	18.5	18.4	19.3	19.9	17.0	/	/
-9.664	21.2	22.9	21.2	19.6	18.9	18.6	18.5	16.3	/	/
-11.691	19.5	21.9	22.2	21.6	20.2	19.5	19.8	18.9	/	/
-13.719	/	18.0	21.5	23.7	21.6	19.8	20.4	20.0	/	/
-15.746	/	/	19.0	22.3	20.3	17.3	16.5	15.7	/	/

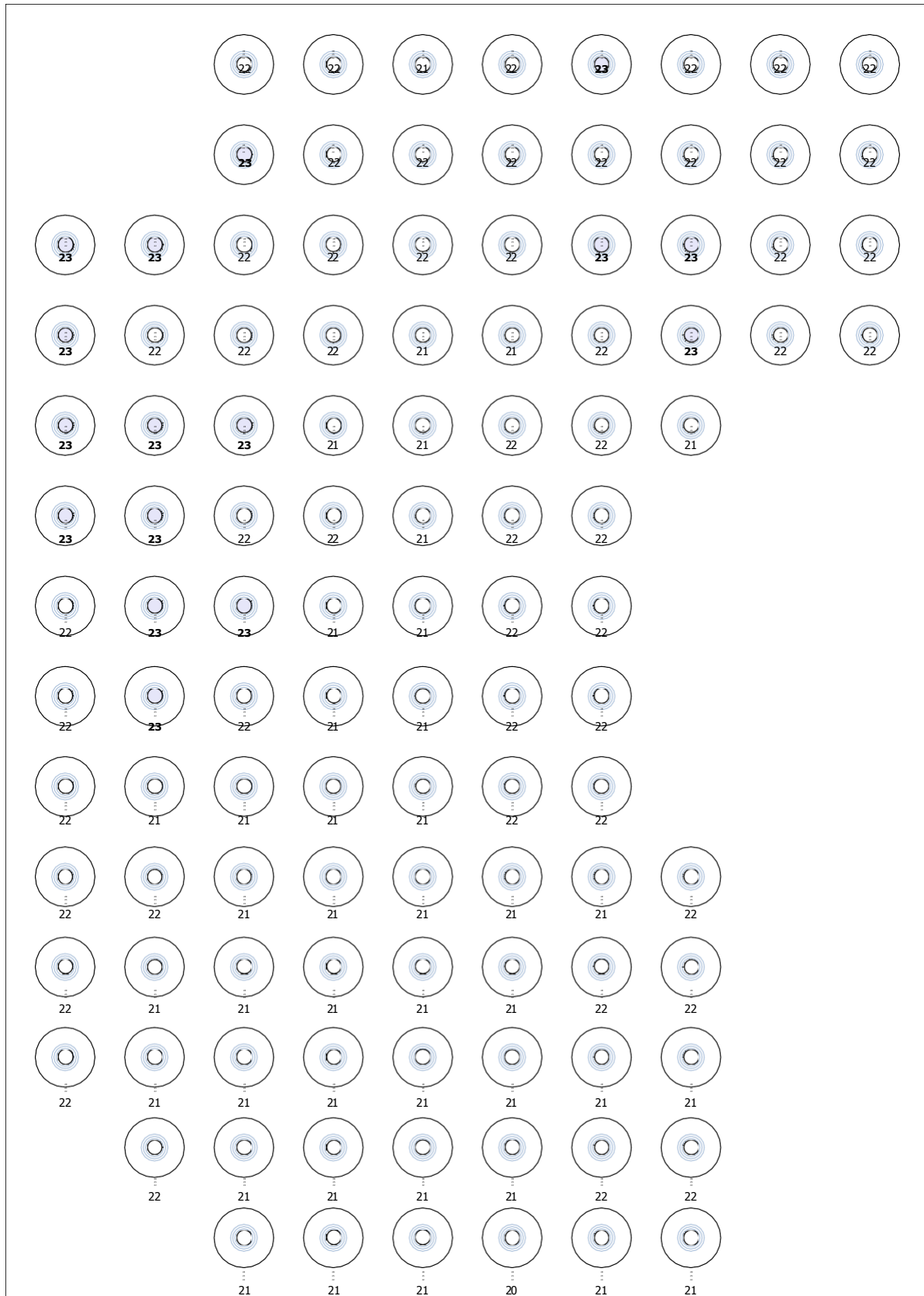
Aparcamiento / GR



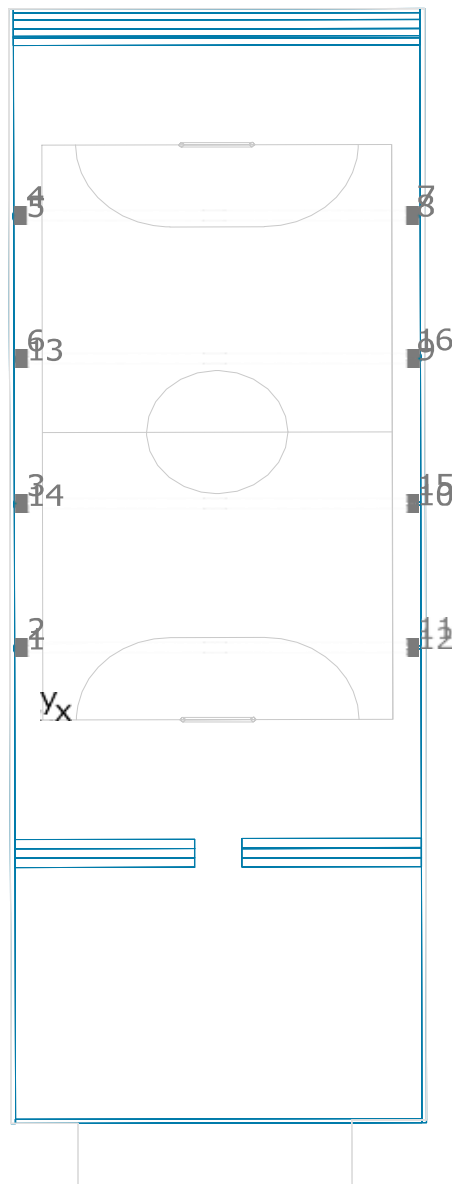
Factor de degradación: 0.80

PARQUEADERO: GR (Trama)**Escena de luz: Escena de luz 1**

Máx. deslumbramiento a: 15°, Max: 23, Valor límite: ≤50, Área del ángulo visual: 0° - 360°, Amplitud de paso: 15°, Ángulo de inclinación: -2°, cálculo simplificado según EN12464, Altura: 1.200 m



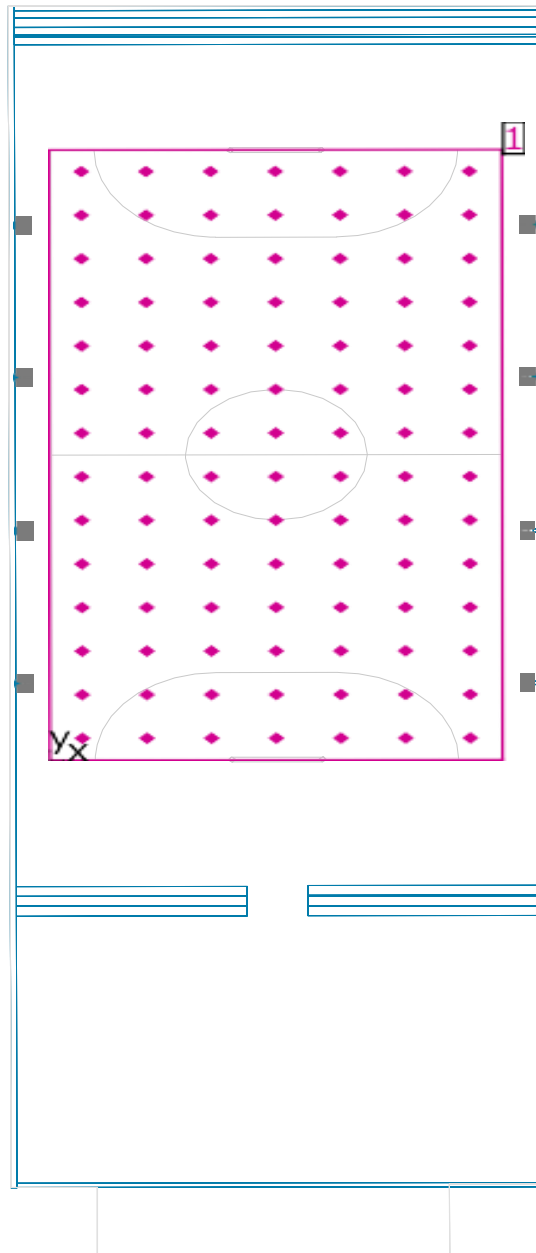
Campo Exterior



LEDVANCE 4058075097735 FLOODLIGHT 180 180 W 6500 K IP65 BK

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	-1.006	3.263	9.000	0.80
2	-1.006	3.732	9.000	0.80
3	-1.018	10.744	9.000	0.80
4	-1.041	24.791	9.000	0.80
5	-1.040	24.331	9.000	0.80
6	-1.030	17.806	9.000	0.80
7	15.909	24.819	9.000	0.80
8	15.910	24.359	9.000	0.80
9	15.921	17.364	9.000	0.80
10	15.933	10.285	9.000	0.80
11	15.944	3.792	9.000	0.80
12	15.945	3.308	9.000	0.80
13	-1.029	17.344	9.000	0.80
14	-1.015	10.268	9.000	0.80
15	15.932	10.772	9.000	0.80
16	15.920	17.842	9.000	0.80

Campo Exterior

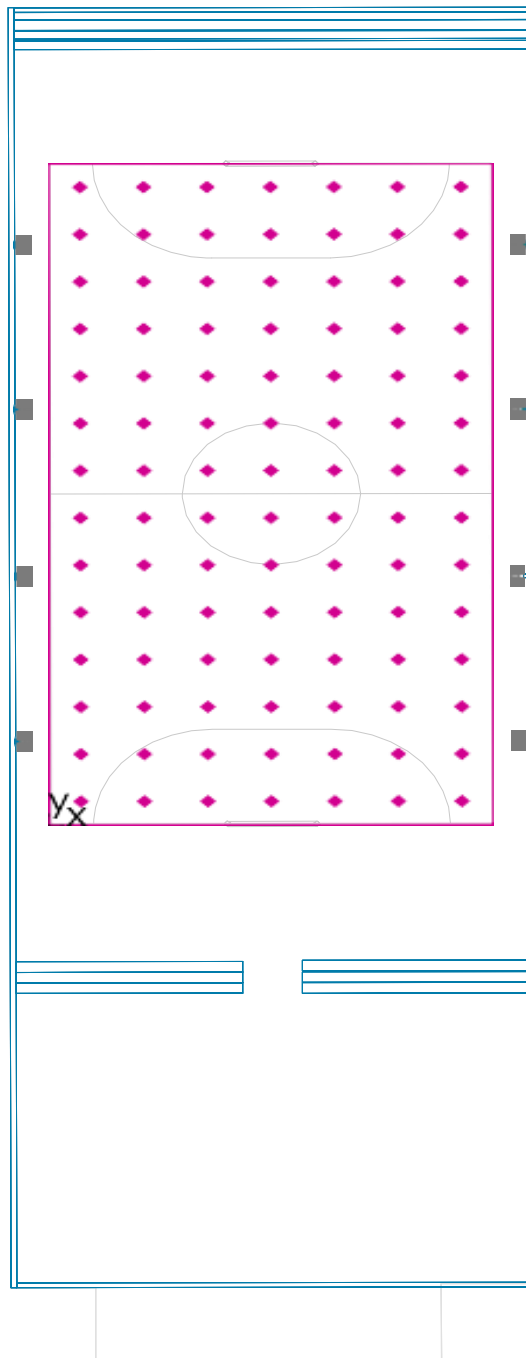


Factor de degradación: 0.80

General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Campo Exterior	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 0.000 m	252	167	297	0.66	0.56

Campo Exterior / Intensidad lumínica horizontal



Factor de degradación: 0.80

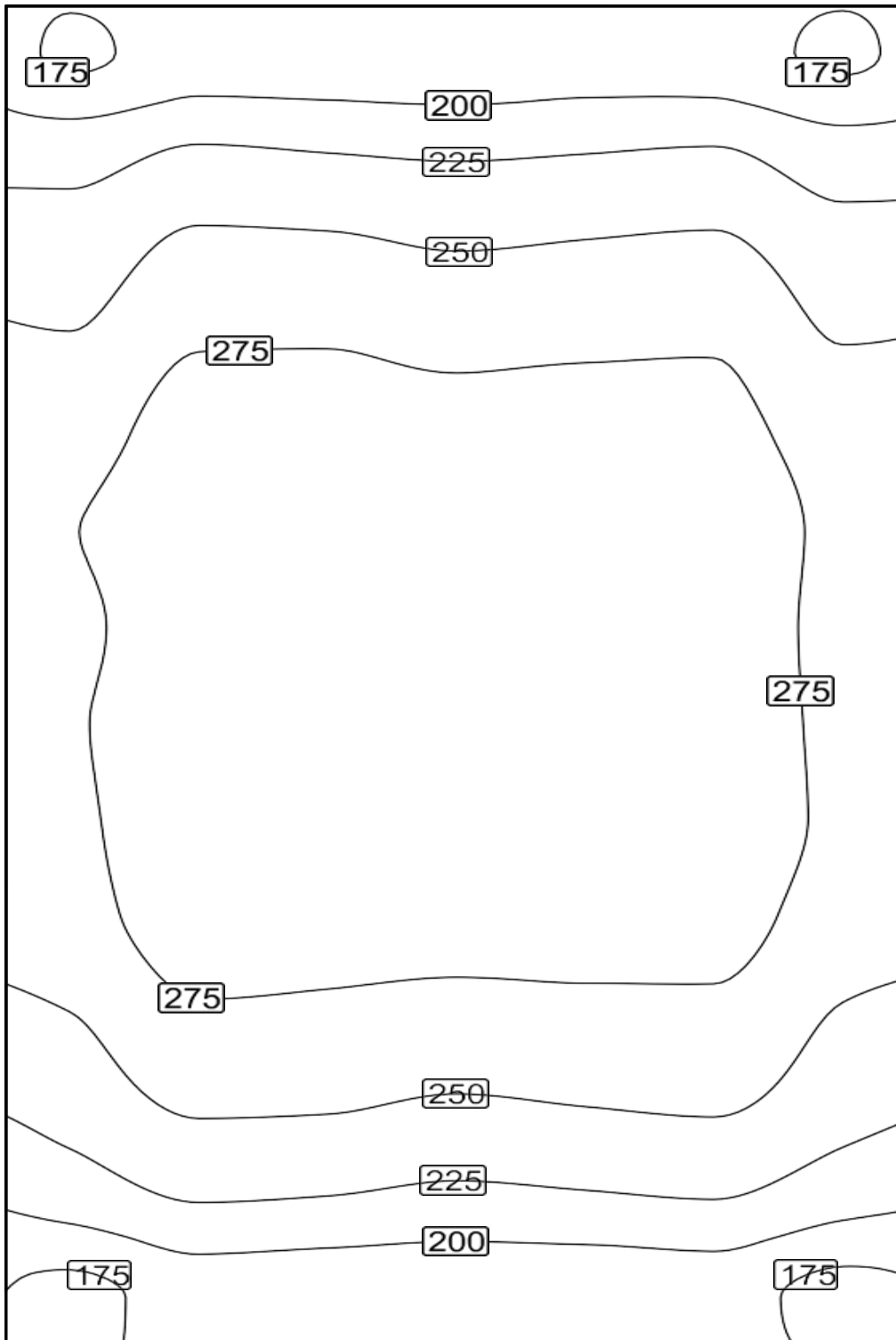
Campo Exterior: Intensidad lumínica horizontal (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 252 lx, Min: 167 lx, Max: 297 lx, Mín./medio: 0.66, Mín./máx.: 0.56

Altura: 0.000 m

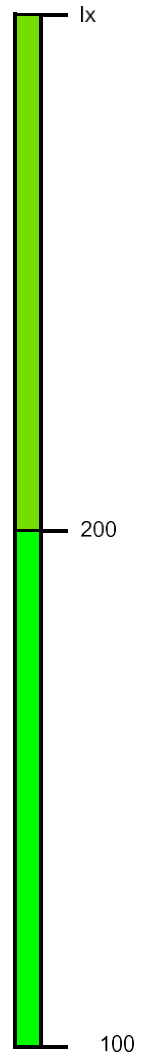
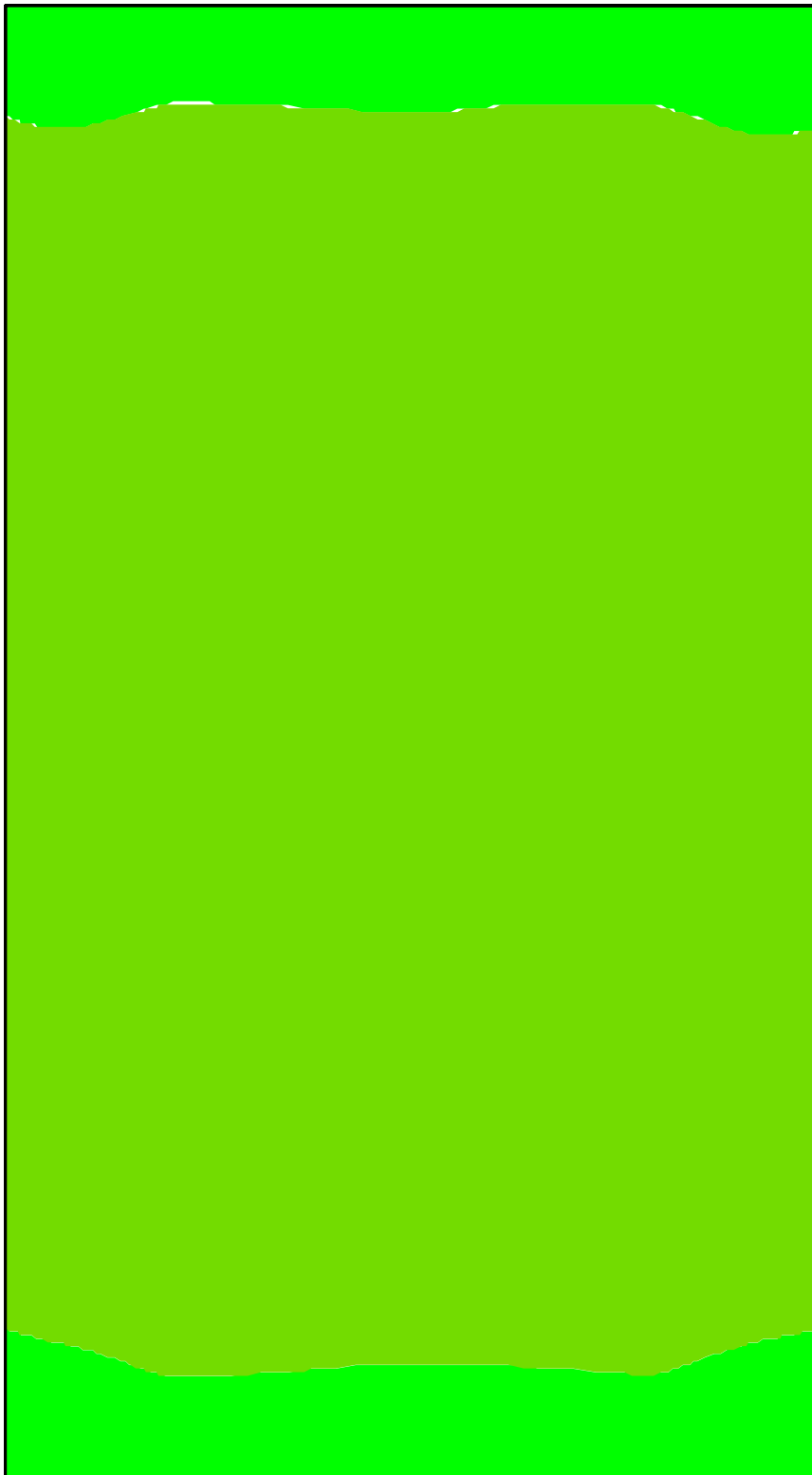
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]

Escala: 1 : 200



Sistema de valores [lx]

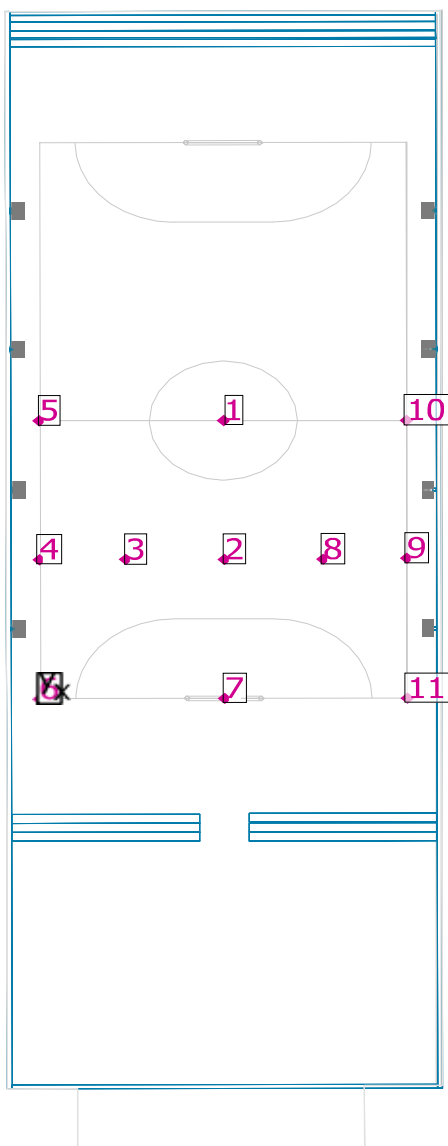
+171	+185	+185	+183	+187	+185	+171
+214	+227	+224	+221	+223	+226	+210
+236	+255	+254	+248	+251	+254	+234
+251	+273	+274	+269	+270	+272	+249
+265	+288	+286	+284	+288	+284	+264
+274	+296	+294	+291	+293	+294	+269
+270	+295	297	+294	+295	+293	+268
+273	+295	297	+294	+296	+294	+269
+271	+295	+295	+290	+293	+293	+270
+266	+289	+287	+284	+284	+285	+262
+250	+273	+271	+269	+271	+270	+249
+235	+253	+252	+247	+250	+253	+235
+210	+225	+223	+218	+221	+224	+208
+169	+185	+183	+182	+182	+184	167

Escala: 1 : 200

Tabla de valores [lx]

m	-6.386	-4.258	-2.129	0.000	2.129	4.258	6.386
13.001	171	185	185	183	187	185	171
11.001	214	227	224	221	223	226	210
9.001	236	255	254	248	251	254	234
7.001	251	273	274	269	270	272	249
5.001	265	288	286	284	288	284	264
3.000	274	296	294	291	293	294	269
1.000	270	295	297	294	295	293	268
-1.000	273	295	297	294	296	294	269
-3.000	271	295	295	290	293	293	270
-5.001	266	289	287	284	284	285	262
-7.001	250	273	271	269	271	270	249
-9.001	235	253	252	247	250	253	235
-11.001	210	225	223	218	221	224	208
-13.001	169	185	183	182	182	184	167

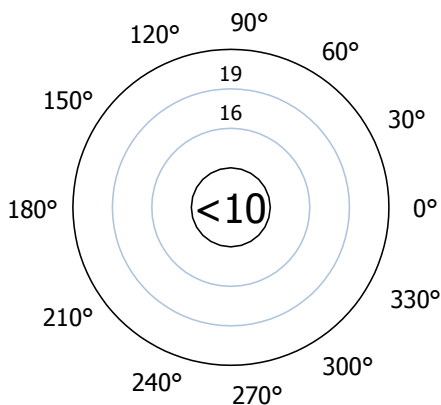
Campo Exterior



Factor de degradación: 0.80

Evaluación del deslumbramiento

Puntos	
1	<p>Punto 1</p> <p>GR</p> <p>Máx. deslumbramiento a: 315°</p> <p>Max: <10</p> <p>Valor límite: ≤22</p> <p>Área del ángulo visual: 0° - 360°</p> <p>Amplitud de paso: 15°</p> <p>Ángulo de inclinación: -25°</p> <p>cálculo simplificado según EN12464</p> <p>Altura: 1.500 m</p>



2 Punto GR 2

GR

Máx. deslumbramiento a: 120°

Max: 14

Valor límite: ≤ 22

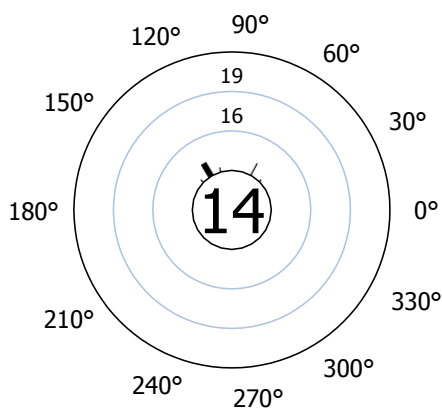
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



3 Punto GR 3

GR

Máx. deslumbramiento a: 30°

Max: 20

Valor límite: ≤ 22

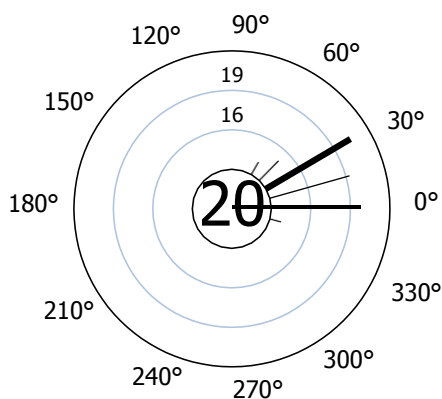
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



4 Punto GR 4

GR

Máx. deslumbramiento a: 15°

Max: 22

Valor límite: ≤ 22

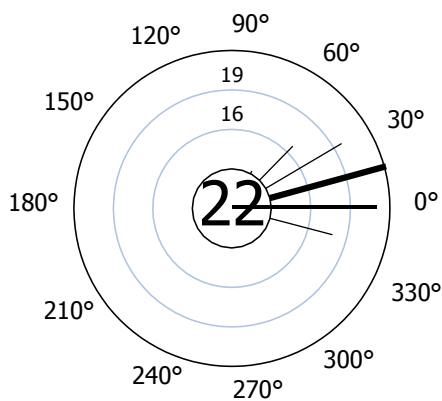
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -26°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



5 Punto 5 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 0°

Max: 22

Valor límite: ≤ 22

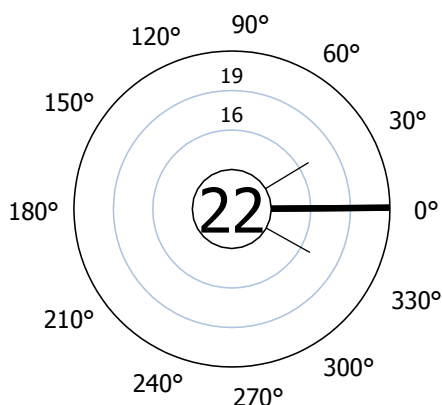
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 30°

Ángulo de inclinación: -27°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



6 Punto 6 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 30°

Max: 21

Valor límite: ≤ 22

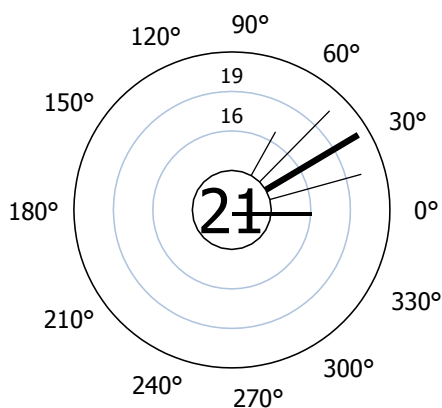
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



7 Punto 7 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 105°

Max: 16

Valor límite: ≤ 22

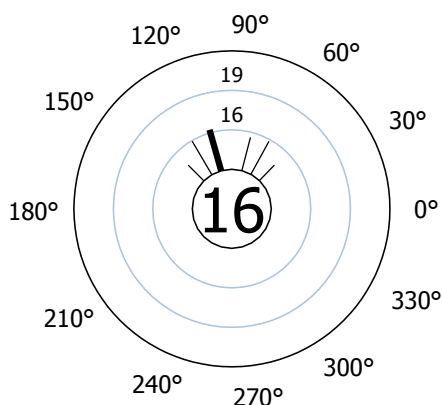
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



8 Punto 8 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 150°

Max: 20

Valor límite: ≤ 22

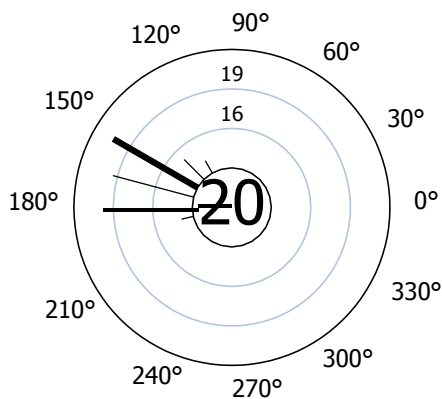
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



9 Punto 9 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 165°

Max: 22

Valor límite: ≤ 22

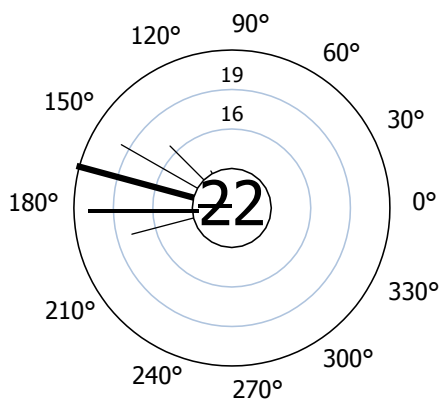
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -26°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



10 Punto 10 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 180°

Max: 22

Valor límite: ≤ 22

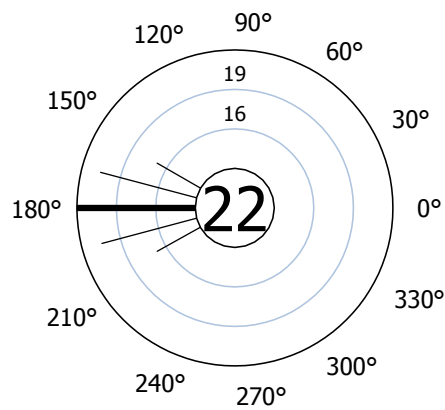
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

Ángulo de inclinación: -27°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



11 Punto 11 GR

GR

Máx. deslumbramiento a: 150°

Max: 21

Valor límite: ≤ 22

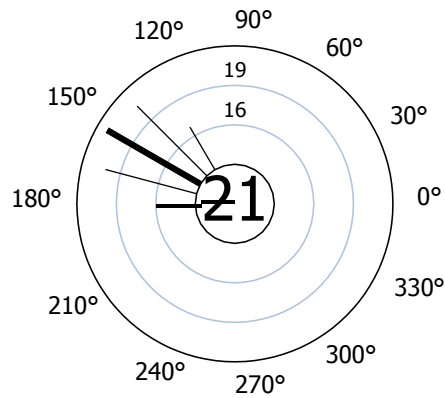
Área del ángulo visual: 0° - 360°

Amplitud de paso: 15°

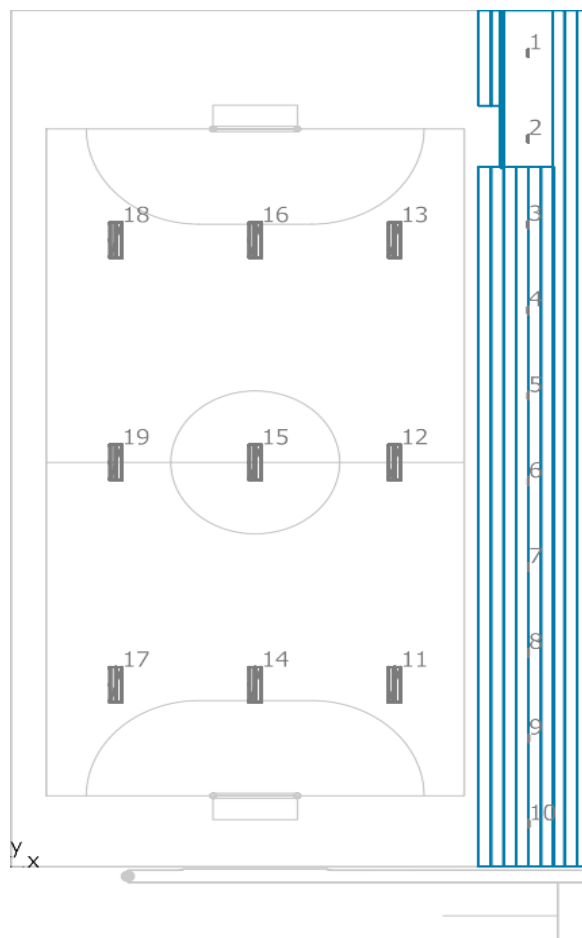
Ángulo de inclinación: -25°

cálculo simplificado según EN12464

Altura: 1.500 m



Coliseo



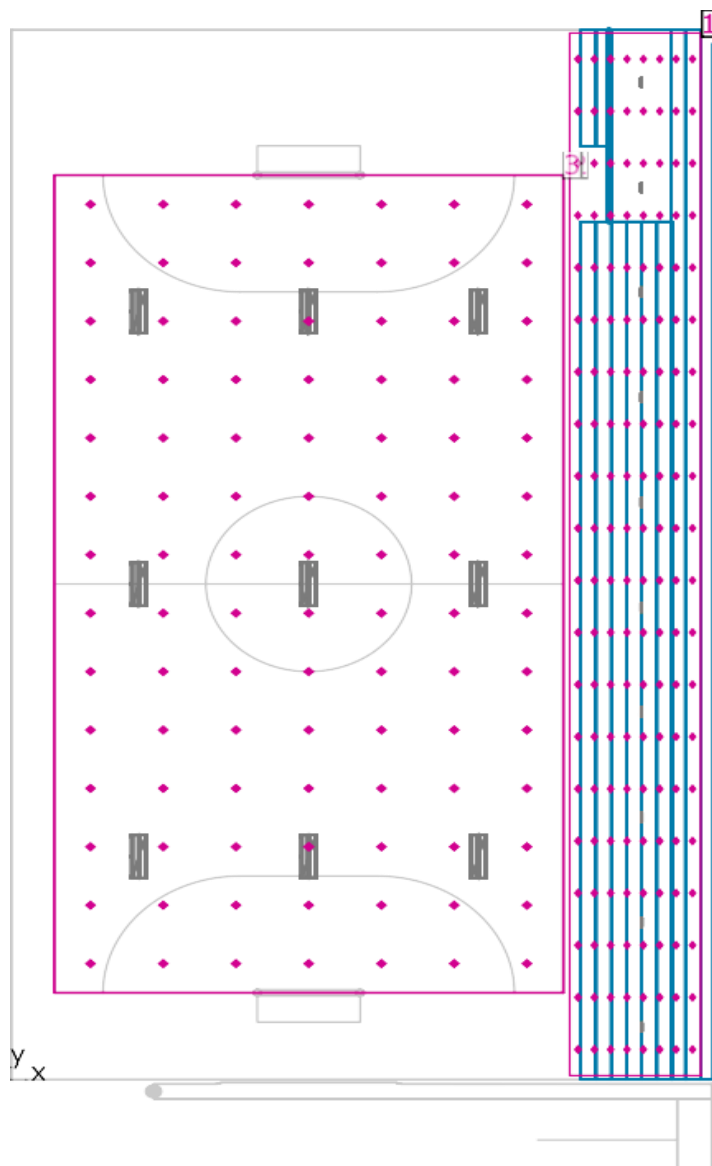
LEDVANCE 4058075106093 LINEAR COMPACT SWITCH 300 4 W 4000 K

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	18.371	34.153	5.500	0.80
2	18.372	30.558	5.500	0.80
3	18.373	26.963	5.500	0.80
4	18.374	23.368	5.500	0.80
5	18.375	19.773	5.500	0.80
6	18.376	16.178	5.500	0.80
7	18.377	12.583	5.500	0.80
8	18.378	8.988	5.500	0.80
9	18.379	5.393	5.500	0.80
10	18.380	1.798	5.500	0.80

Siteco Beleuchtungstechnik GmbH 5LS16372VD4M LS 160

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
11	13.623	7.641	6.250	0.80
12	13.623	16.975	6.250	0.80
13	13.623	26.308	6.250	0.80
14	8.673	7.641	6.250	0.80
15	8.673	16.975	6.250	0.80
16	8.673	26.308	6.250	0.80
17	3.723	7.641	6.250	0.80
18	3.723	26.308	6.250	0.80
19	3.723	16.975	6.250	0.80

Coliseo



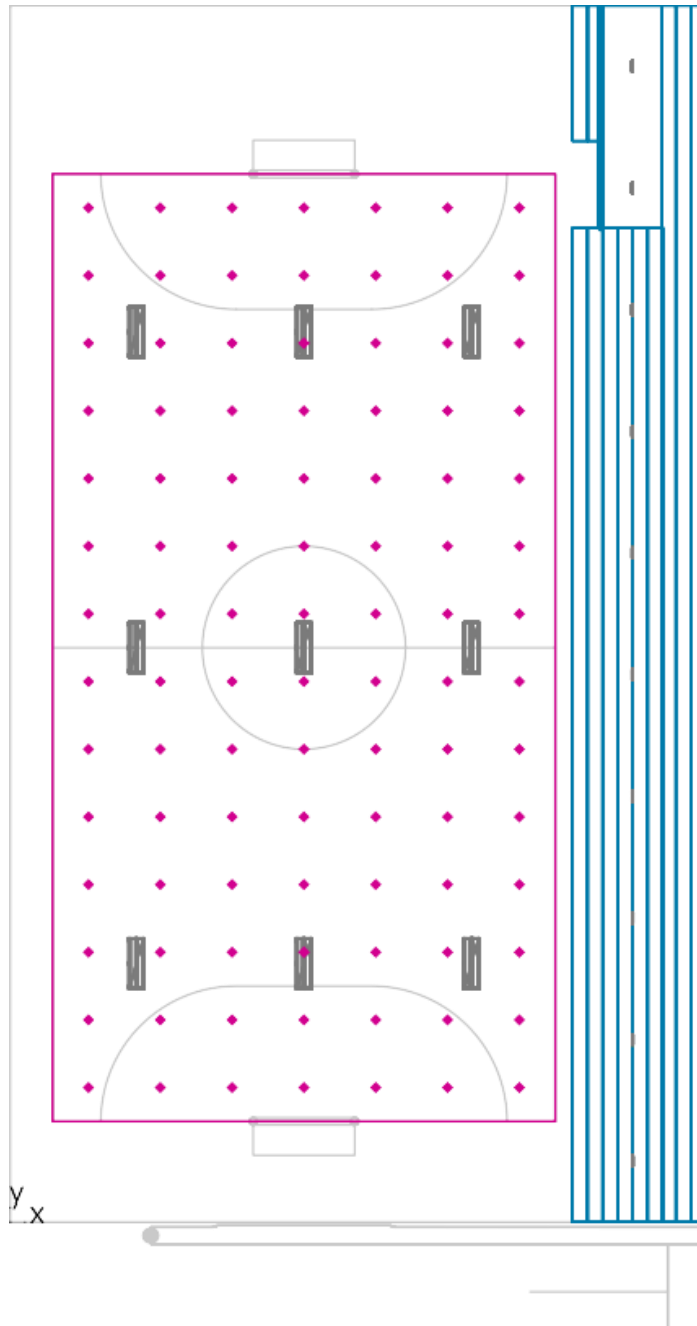
Altura interior del local: 6.540 m hasta 9.283 m, Grado de reflexión: Techo 90.0%, Paredes 39.8%, Suelo 81.0%, Factor de degradación: 0.80

General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Graderio	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 2.072 m	112	0.001	192	0.000	0.000
3 Campo de juego	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 0.000 m	252	156	341	0.62	0.46

Evaluación del deslumbramiento

Superficie	Resultado	Min	Max	Valor límite
3 Campo de juego	UGR Altura: 1.500 m	<10	17.2	≤22.0

Campo de juego / Intensidad lumínica perpendicular

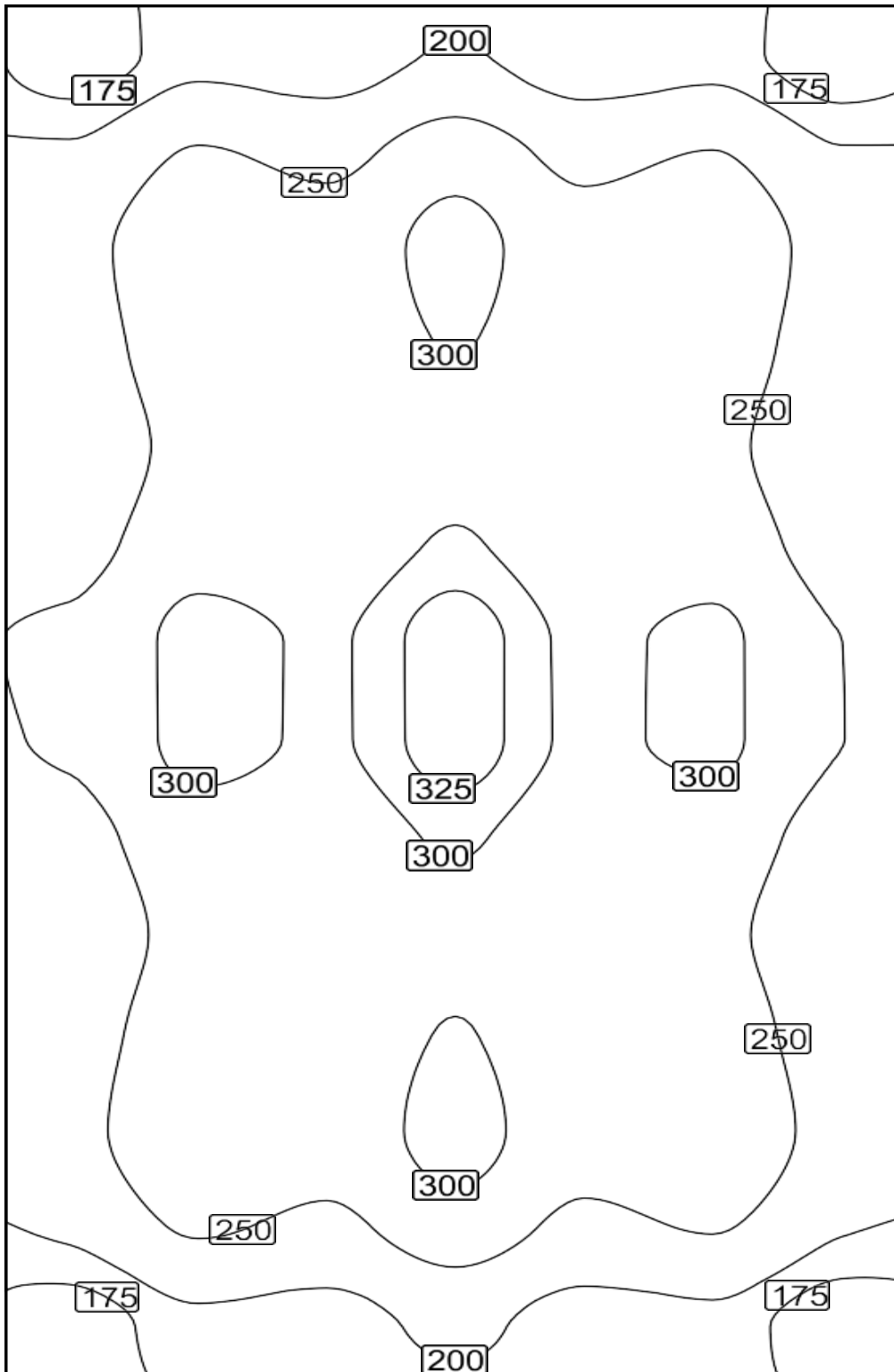
Campo de juego: Intensidad lumínica perpendicular (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 252 lx, Min: 156 lx, Max: 341 lx, Mín./medio: 0.62, Mín./máx.: 0.46

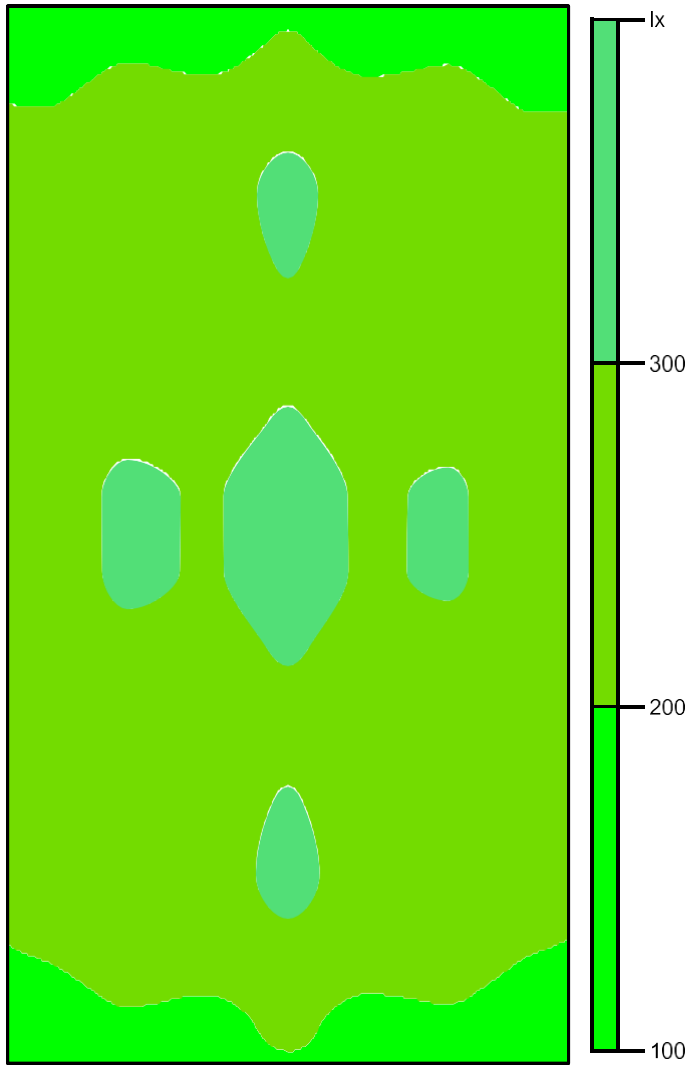
Altura: 0.000 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

Sistema de valores [lx]

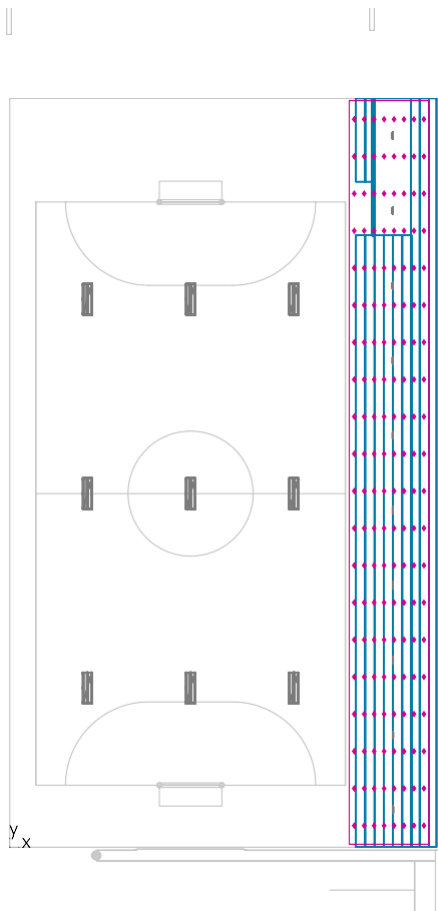
+158	+187	+182	+203	+180	+186	156
+206	+254	+236	+277	+235	+251	+203
+233	+288	+269	+315	+267	+285	+229
+230	+278	+265	+302	+262	+274	+225
+222	+262	+256	+286	+254	+259	+218
+235	+280	+270	+305	+268	+277	+230
+256	+313	+295	341	+292	+308	+250
+255	+312	+295	+340	+293	+308	+250
+235	+281	+271	+306	+268	+276	+230
+224	+263	+257	+287	+255	+259	+219
+230	+279	+265	+303	+262	+274	+225
+235	+289	+269	+317	+268	+286	+230
+208	+255	+238	+279	+237	+253	+203
+160	+190	+186	+208	+184	+189	156

Escala: 1 : 200

Tabla de valores [lx]

m	-6.364	-4.243	-2.121	0.000	2.121	4.243	6.364
13.000	158	187	182	203	180	186	156
11.000	206	254	236	277	235	251	203
9.000	233	288	269	315	267	285	229
7.000	230	278	265	302	262	274	225
5.000	222	262	256	286	254	259	218
3.000	235	280	270	305	268	277	230
1.000	256	313	295	341	292	308	250
-1.000	255	312	295	340	293	308	250
-3.000	235	281	271	306	268	276	230
-5.000	224	263	257	287	255	259	219
-7.000	230	279	265	303	262	274	225
-9.000	235	289	269	317	268	286	230
-11.000	208	255	238	279	237	253	203
-13.000	160	190	186	208	184	189	156

Graderío / Intensidad lumínica horizontal

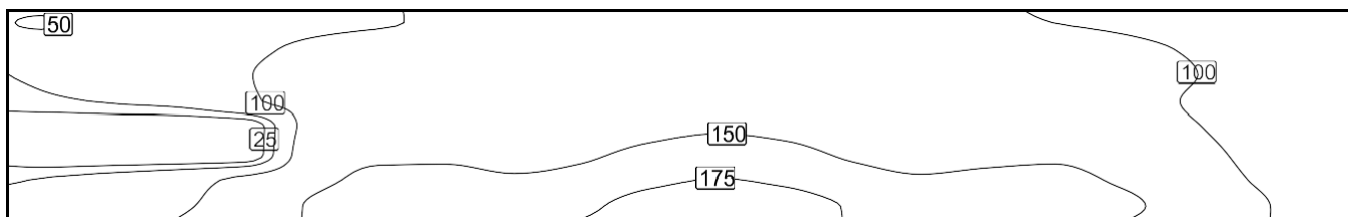


Graderío: Intensidad lumínica horizontal (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

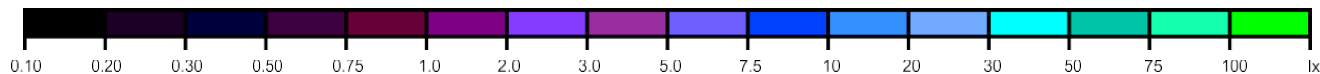
Media: 112 lx, Min: 0.001 lx, Max: 192 lx, Mín./medio: 0.000, Mín./máx.: 0.000
 Altura: 2.072 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 200

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 200

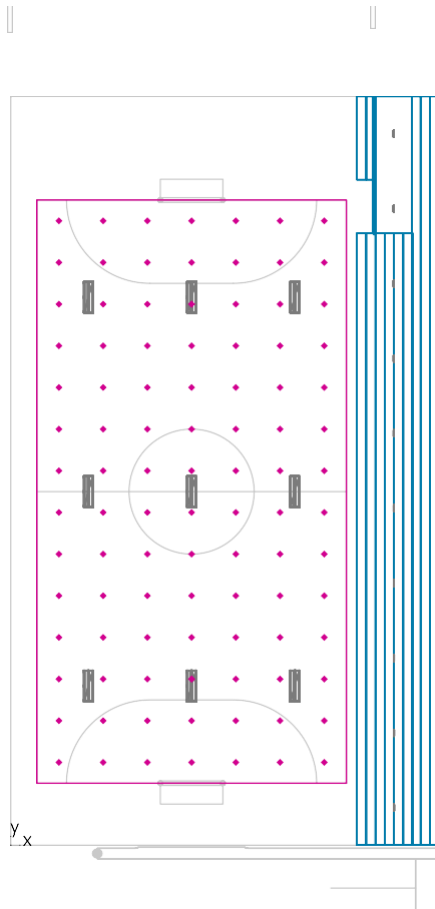
Sistema de valores [lx]

+55	+66	+78	+92	+107	+117	+118	+120	+122	+128	+133	+129	+123	+119	+120	+119	+109	+97	+81	+68
+44	+52	+62	+94	+112	+122	+124	+122	+125	+133	+137	+135	+127	+123	+124	+123	+114	+97	+80	+66
+0.38	+0.07	+0.02	(0.01)	+131	+145	+146	+142	+146	+157	+163	+158	+146	+142	+144	+145	+134	+112	+90	+73
+59	+73	+93	+122	+153	+170	+171	+168	+172	+184	(192)	+185	+173	+168	+171	+171	+158	+131	+105	+85

Escala: 1 : 200

Tabla de valores [lx]

m	-2.406	-1.719	-1.031	-0.344	0.344	1.031	1.719	2.406
16.958	59.1	51.9	0.38	0.10	44.0	54.4	55.0	49.1
15.173	73.3	64.4	0.072	0.005	52.5	65.8	65.6	57.4
13.388	93.0	81.6	0.022	0.002	61.6	78.7	77.8	69.2
11.603	122	111	0.007	0.001	94.3	97.6	91.7	80.2
9.818	153	141	131	118	112	115	107	92.4
8.033	170	157	145	130	122	126	117	98.0
6.248	171	157	146	132	124	127	118	103
4.463	168	153	142	130	122	126	120	104
2.678	172	157	146	134	125	130	122	107
0.893	184	169	157	142	133	138	128	111
-0.892	192	176	163	147	137	142	133	113
-2.677	185	171	158	143	135	139	129	110
-4.462	173	159	146	135	127	130	123	107
-6.247	168	153	142	131	123	126	119	105
-8.032	171	156	144	133	124	129	120	103
-9.817	171	158	145	132	123	128	119	99.9
-11.602	158	145	134	122	114	118	109	94.0
-13.387	131	121	112	103	97.3	102	96.5	83.6
-15.172	105	96.8	90.3	84.7	80.3	84.8	80.6	71.4
-16.957	84.6	77.9	73.1	68.5	66.0	69.8	67.9	59.8

Campo de juego / UGR**Campo de juego: UGR (Trama)****Escena de luz: Escena de luz 1**

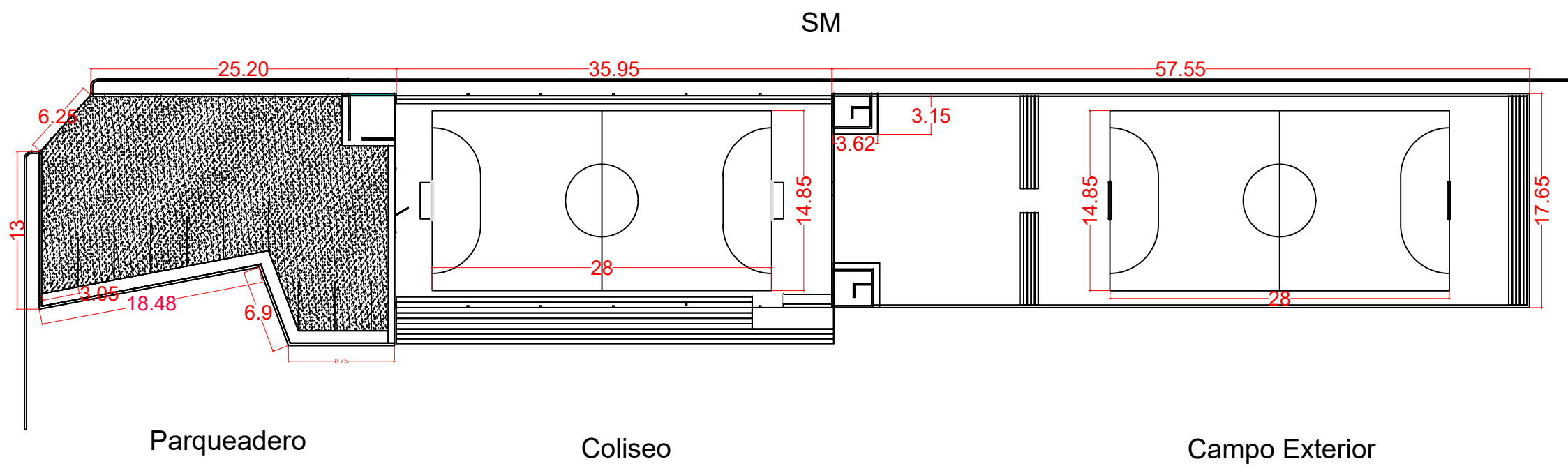
Máx. deslumbramiento a: 90°, Max: 17.2, Valor límite: ≤22.0, Área del ángulo visual: 0° - 360°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.500 m



Anexo 14. Planos

1. Emplazamiento
2. Esquema unifilar del sistema actual
3. Terrenos Iluminados
4. Esquema unifilar de conexión
5. Esquema unifilar de la propuesta
6. Tubería
7. Tablero de Transferencia

Av. 29 de Junio

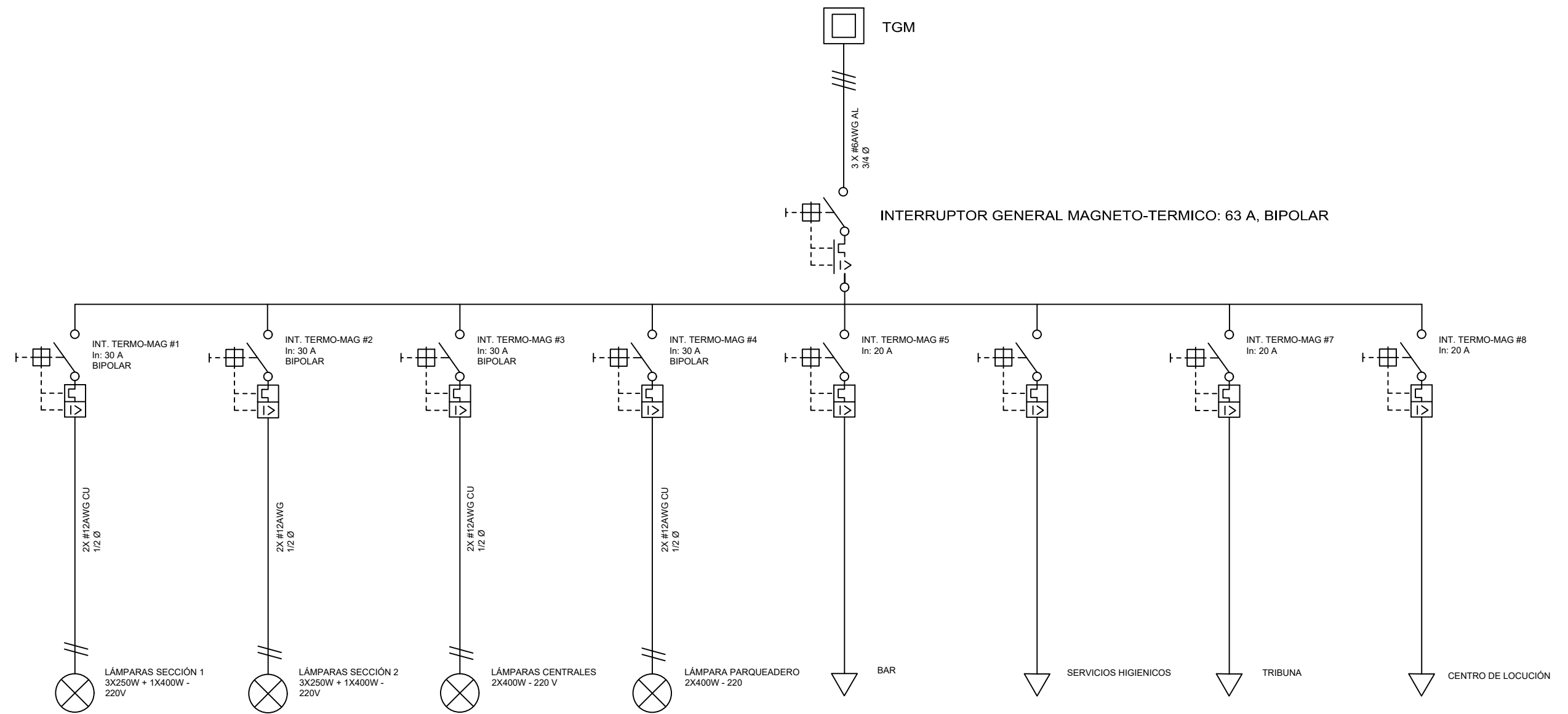


Parqueadero

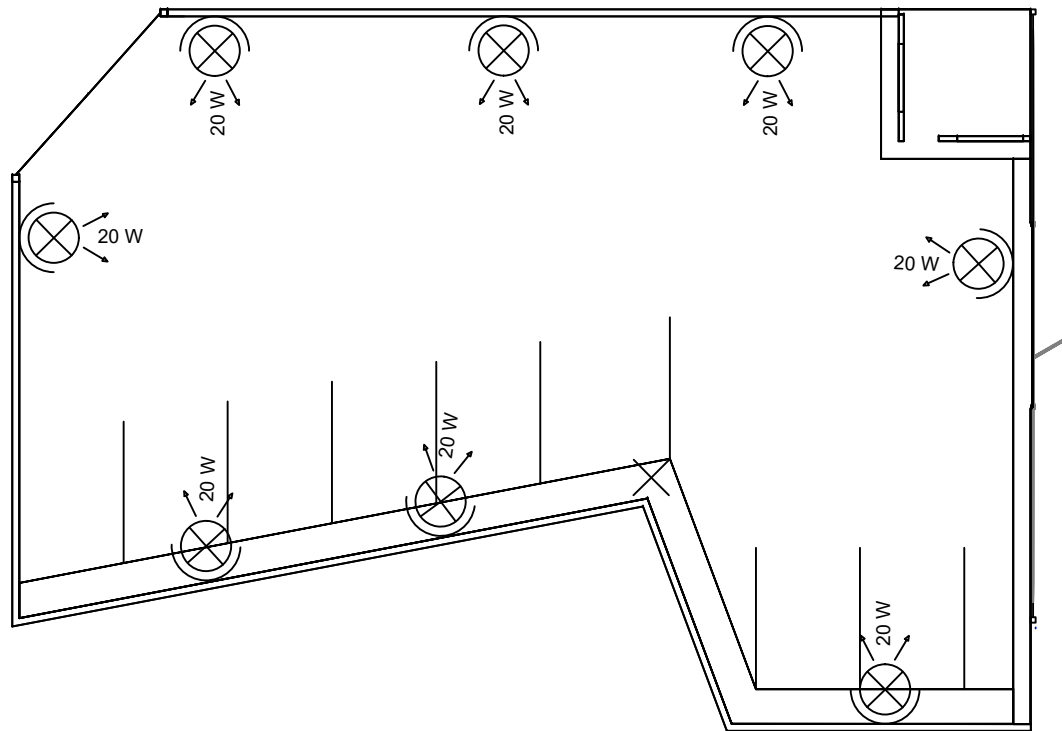
Coliseo

Campo Exterior

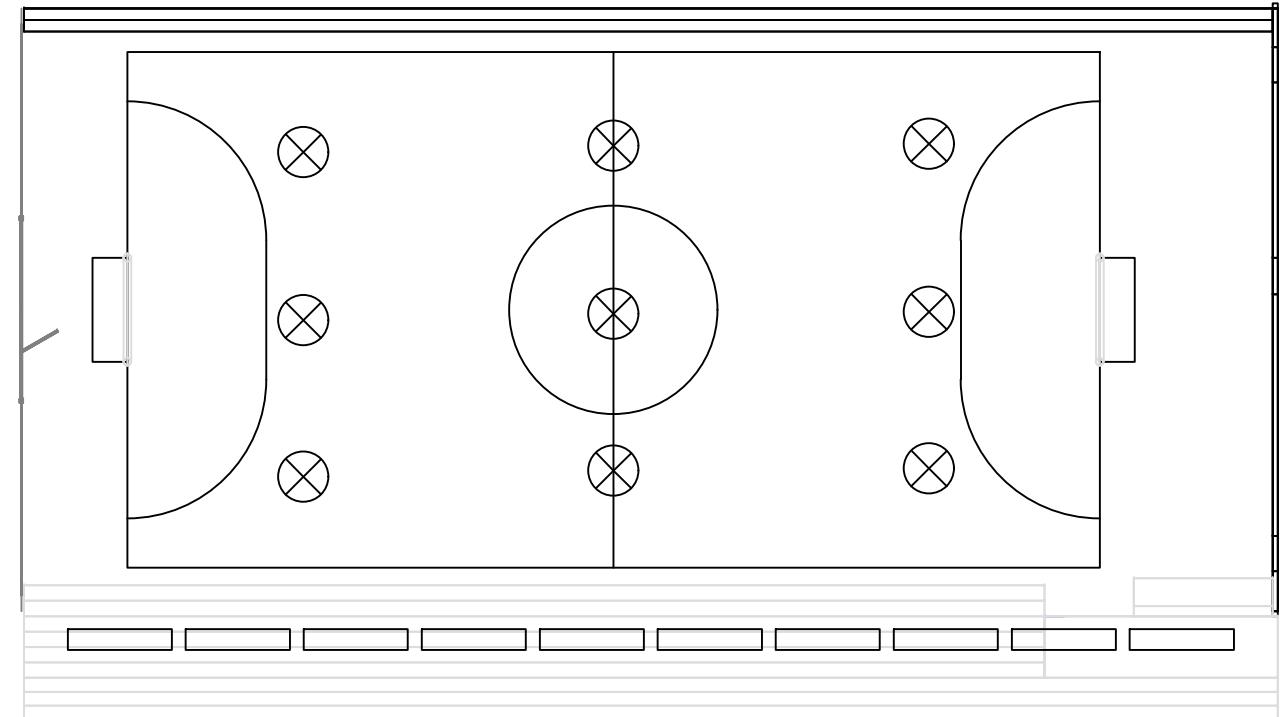
Universidad Técnica de Cotopaxi		
EMPLAZAMIENTO		CIYA
		Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/6/2019	Lamina :1



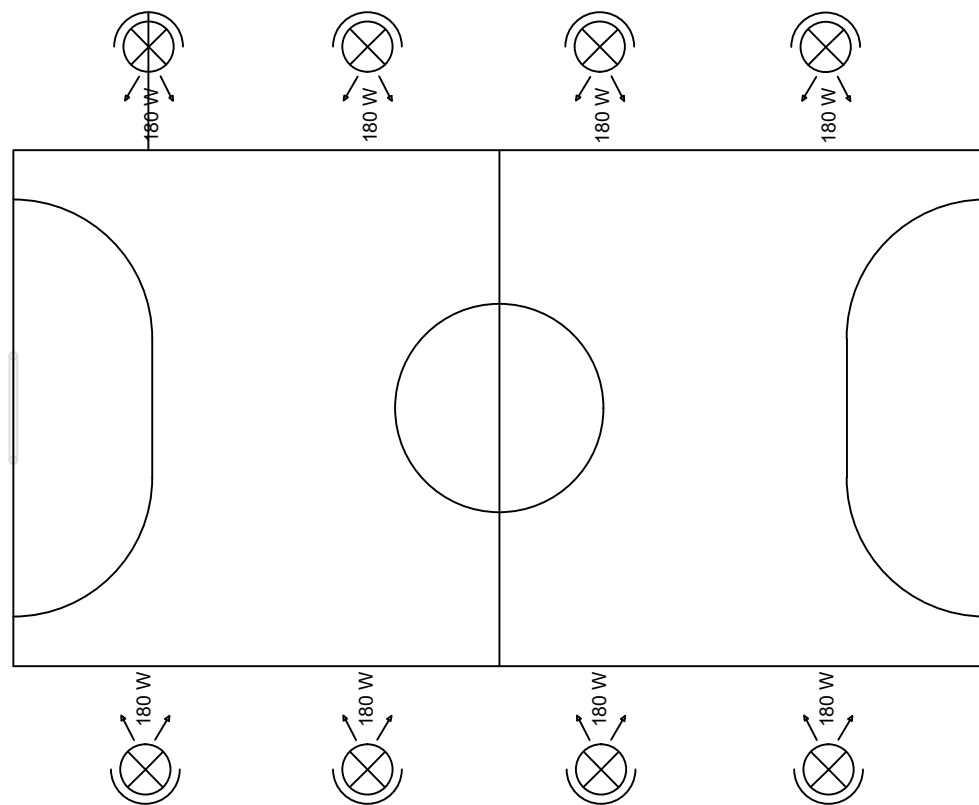
Universidad Técnica de Cotopaxi		
UNIFILAR SISTEMA ACTUAL		CIYA
		Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/5/2019	Lamina :2



Parqueadero



Coliseo

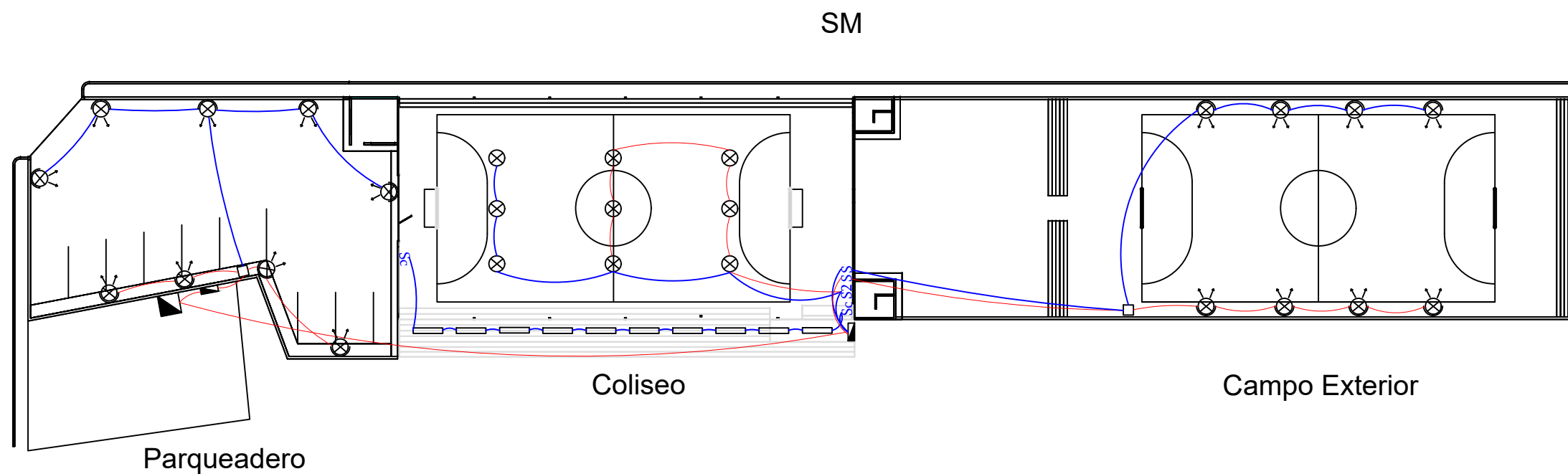


Campo exterior

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	Reflector floodlight 180 W
	Luminaria suspendida MOD LS 85 W
	Reflector floodlight 20 W
	Luminaria Linear Swicht Compatc 5 W

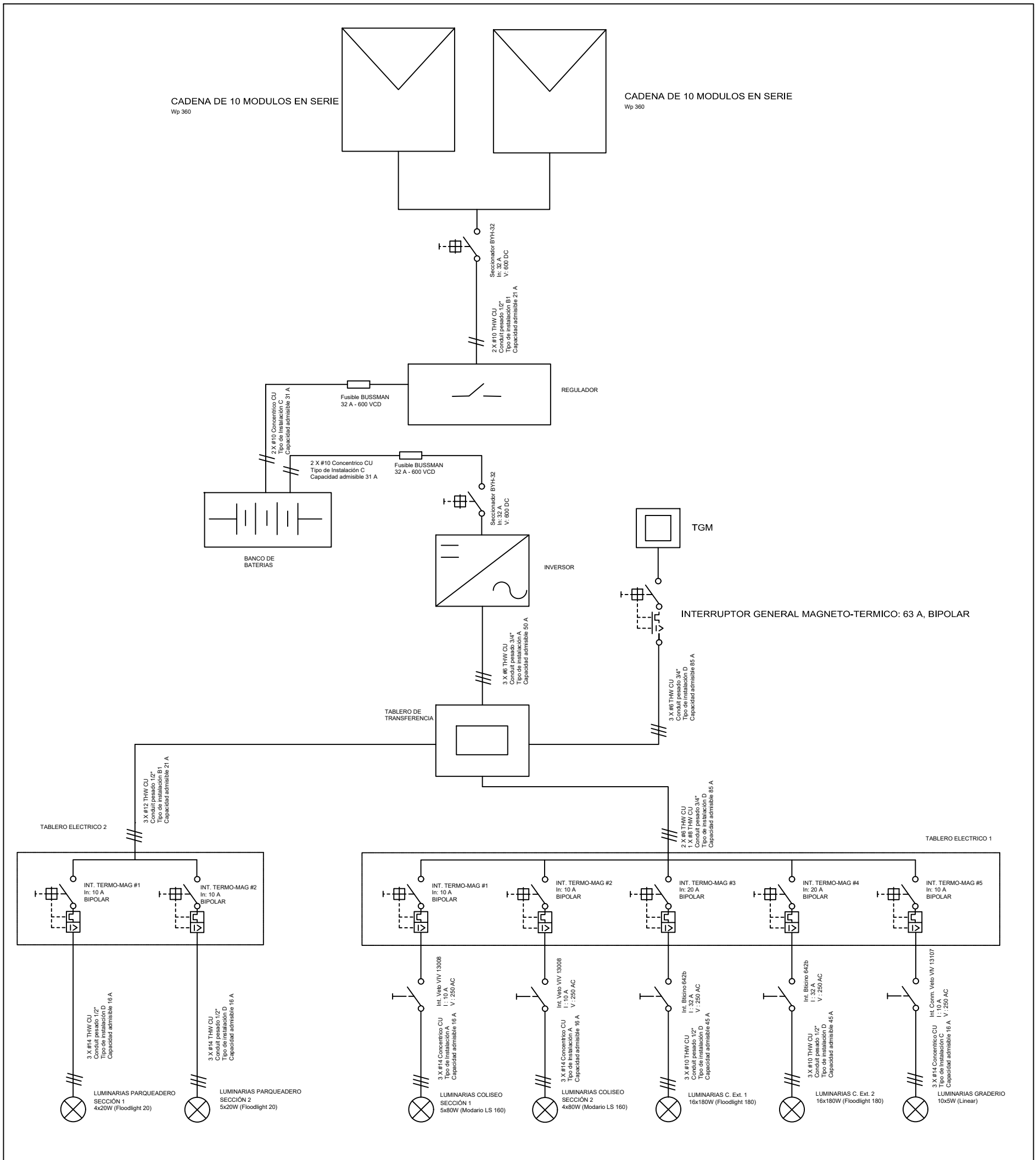
Universidad Técnica de Cotopaxi		
TERRENOS ILUMINADOS		CIYA
		Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/6/2019	Lamina :3

Av. 29 de Junio



SÍMBOLO	DEFINICIÓN
□	Caja de revisión
▴	Tablero de transferencia
▾	Tablero eléctrico
S	Interruptor Bticino 642 b
S2	Interruptor doble
Sc	Interruptor conmutador

Universidad Técnica de Cotopaxi		
ESQUEMA UNIFILAR		CIYA
		Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/6/2019	Lamina :4

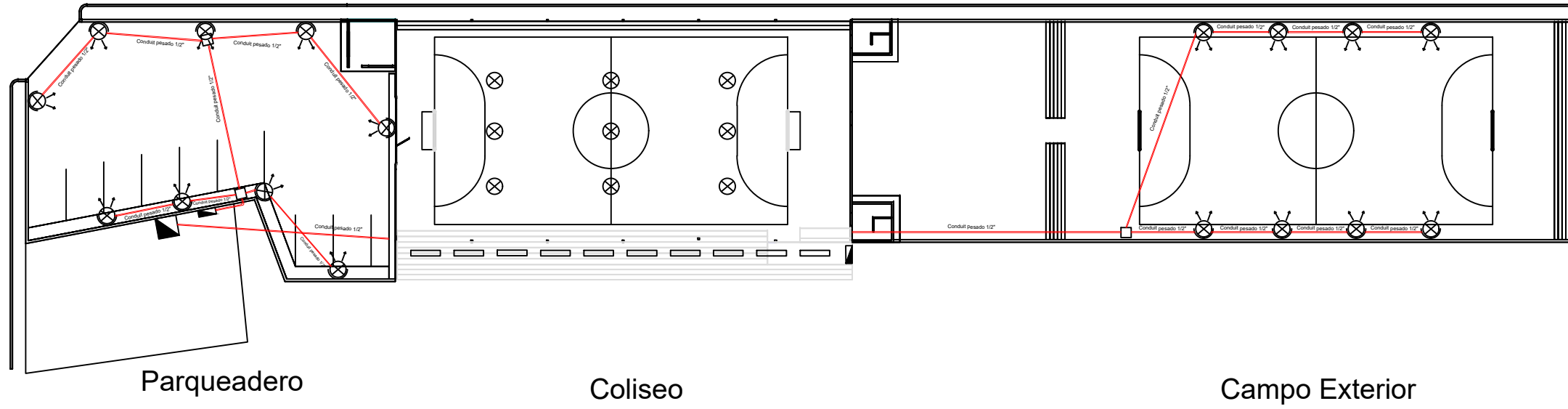


SÍMBOLO	DEFINICIÓN	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	Modulos fotovoltaicos		Tablero de transferencia
	Seccionador		Tablero general de medidores
	Regulador de carga		Interruptor termomagnético
	Fusible		Interruptor
	Banco de baterías		Luminaria
	Inversor DC/AC		

Universidad Técnica de Cotopaxi

UNIFILAR	CIYA
	Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/6/2019
	Lamina :5

Av. 29 de Junio



SM

Parqueadero

Coliseo

Campo Exterior

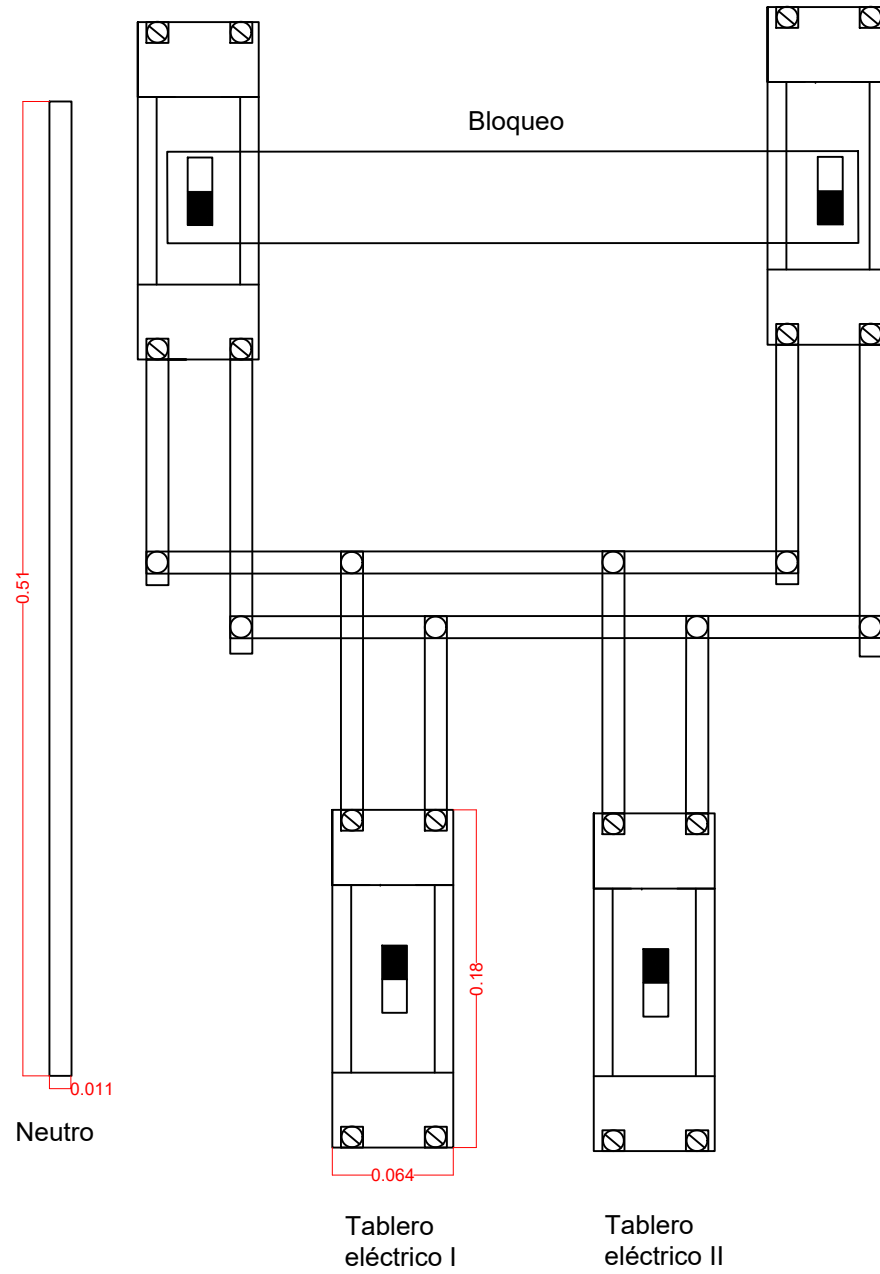
Universidad Técnica de Cotopaxi		
TUBERIA		CIYA
		Responsables Tecnicos Wilson Haro Miguel Ocampo
Sin Escala	Fecha: 17/6/2019	Lamina :6

Tablero Beacoup 80x60x25 cm

Tablero general de medidores

Inversor

Bloqueo



Universidad Técnica de Cotopaxi

CIYA

**TABLERO DE
TRANSFERENCIA**

Responsables Tecnicos
Wilson Haro
Miguel Ocampo

Sin Escala Fecha: 17/6/2019

Lamina :7