



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL COMPLEJO DEPORTIVO FARID ARANA
DELGADILLO EN MAGANGÜÉ-BOLÍVAR**

(Autor)
DAVID ANTONIO BELTRÁN VIZCAÍNO

DIRECTOR:
Ph.D. ANTONIO GAN ACOSTA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 25-JUNIO-2022

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL COMPLEJO DEPORTIVO FARID ARANA
DELGADILLO EN MAGANGUÉ-BOLÍVAR**

(Autor)
DAVID ANTONIO BELTRÁN VIZCAÍNO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

Director:
Ph.D. ANTONIO GAN ACOSTA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 25-JUNIO-2022

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a Dios, por mantenerme firme en el camino por muy difícil que este haya sido y por haberme guiado; además, agradezco a mi padre Arón Antonio Beltrán Ortega y a mi madre Meris Vizcaíno Hernández por todo su apoyo incondicional y fuerzas brindadas en todo momento, y porque siempre han sido mi mayor motivación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por siempre mantenerme en pie y por no dejarme caer, agradezco a mis padres porque han sido esa razón para seguir avanzando y no desistir, a mis hermanas y sobrinos por apoyarme desde la distancia y ser una motivación más en esta etapa, a mis amigos que siempre tendieron su mano sin importar la situación y me alentaron en momentos difíciles, a los docentes que me brindaron parte de su conocimiento en este proceso. También agradezco a la Fisioterapeuta Sixta Aurora Pineda Gómez por haber sido un impulso desde el inicio y gran parte de mi proceso. A todos les deseo muchas bendiciones.

Resumen

El municipio de Magangué-Bolívar, es uno de los lugares más importantes del departamento y el cual ha tenido la oportunidad de contar con la construcción del complejo deportivo FARID ARANA DELGADILLO, volviéndose uno de los proyectos más significativos e importantes de la región, en el que se busca impulsar el deporte y la integración por parte de las personas.

Por tal razón, las instalaciones eléctricas del complejo deportivo deben cumplir con los parámetros requeridos dentro de los reglamentos y normas vigentes, para garantizar el buen funcionamiento de estas. Además, el sistema de iluminación debe garantizar que la visibilidad de las personas presentes en el complejo deportivo no se vea afectada por diferentes factores que pueden ser causados por una mala selección de luminarias, ángulos de incidencia de luz, poca o demasiada iluminación de la zona, entre otros parámetros que pueden influir negativamente en el personal que asista al escenario; por esta razón, se realizará un diseño que cumpla con lo establecido dentro de los reglamentos y las normativas en Colombia, y así garantizar que los asistentes disfruten de las actividades deportivas que se desarrollaran en este escenario deportivo.

Palabras claves

Instalaciones eléctricas, parámetros, iluminación, factores, visibilidad, complejos deportivos, integración, oportunidad.

Abstract

The municipality of Magangué-Bolívar, is one of the most important places in the department and which has had the opportunity to have the construction of the sports complex FARID ARANA DELGADILLO, becoming one of the most significant and important projects in the region, which seeks to promote sport and integration by people.

For this reason, the electrical installations of the sports complex must comply with the parameters required within the regulations and rules in force, to ensure the proper functioning of these. In addition, the lighting system should ensure that the visibility of people present in the sports complex is not affected by different factors that may be caused by a poor selection of luminaires, angles of incidence of light, little or too much illumination of the area, among other parameters that may negatively influence the personnel attending the stage; for this reason, a design will be made that complies with the established within the regulations and regulations in Colombia, and thus ensure that attendees enjoy the sports activities that will be developed in this sports complex.

Keywords

Electrical installations, parameters, illumination, factors, visibility, sports complex, integration, opportunity.

INTRODUCCIÓN

El complejo deportivo FARID ARANA DELGADILLO en Magangué-Bolívar, es uno de los proyectos más grandes y significativos del municipio en el ámbito deportivo, por tanto, debe contar con unas instalaciones eléctricas adecuadas y un sistema de iluminación eficiente. En este trabajo se realizará el diseño de las instalaciones eléctricas y el sistema de alumbrado de dicho complejo, basados en los reglamentos y las normativas vigentes para el cumplimiento de estas, teniendo en cuenta los parámetros requeridos para una buena instalación. Uno de los factores que influyen en este tipo de escenarios es la iluminación, la cual debe ser eficiente, para que al momento de presentarse algún evento deportivo esta no interfiera de forma negativa en los participantes y público en general. Para el diseño luminotécnico se utilizará el software DIALux teniendo en cuenta los requerimientos establecidos en el RETILAP, para así brindar la eficiencia en la parte de la iluminación, y el diseño de las instalaciones eléctricas se realizará mediante el software AUTOCAD, de acuerdo con los parámetros exigidos por el RETIE y las normativas vigentes tales como la NTC2050.

TABLA DE CONTENIDO

1	CAPÍTULO REGLAMENTOS Y NORMATIVAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN.....	15
1.1	Justificación.....	15
1.1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1.1	Objetivo general	15
1.1.1.2	Objetivos específicos	15
1.2	Acotaciones.....	15
1.3	Legislación	16
1.3.1	Impacto ambiental	16
1.3.2	Marco nacional	16
1.3.3	Campo de acción profesional	17
1.3.4	Sistema de gestión de seguridad	17
2.	CAPÍTULO: PROCEDIMIENTO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN.....	18
2.1	Instalaciones eléctricas	18
2.1.1	Potencia eléctrica	20
2.1.2	Simbología eléctrica	21
2.1.3	Código de colores para conductores eléctricos	22
2.1.4	Sistema de puesta a tierra y requisitos generales.	23
2.1.5	Parámetros para el diseño del SPT y valores de referencia.....	24
2.1.6	Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad Método Wenner.	25
2.1.7	Parámetros de diseño para un sistema de protección contra descargas atmosféricas	26
2.2	Sistemas de iluminación	26
3.	CAPÍTULO – DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS E ILUMINACIÓN DEL COMPLEJO DEPORTIVO	27
3.1	Parámetros de diseño para instalación eléctrica.....	28
3.2	Cuadros de cargas y diseños de circuitos eléctricos.....	31
3.2.1	Cuadros de cargas	31
3.2.2	Generalidades de diseño.....	34
3.2.2.1	Diseño de circuitos eléctricos de tomacorrientes generales y específicos	34
3.2.2.2	Diseño de circuitos eléctricos del sistema de iluminación general	38

3.3	Diseño del sistema de iluminación con DIALux.....	44
3.4	Análisis de impacto económico	57
3.5	Análisis del impacto social	58
3.6	Análisis del impacto ambiental	58
4.	Análisis de resultados	58
5.	Conclusiones	58
6.	Bibliografía.....	60
7.	Anexos.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de riesgos establecidos en el RETIE	17
Tabla 2. Medidas y control del riesgo determinadas en el RETIE	18
Tabla 3. Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas	21
Tabla 4. Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas	22
Tabla 5. Colores para conductores eléctricos en corriente alterna	23
Tabla 6. Tensión de contacto máxima según la IEC y la IEEE.	24
Tabla 7. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra	25
Tabla 8. Cuadro de carga tablero 1.....	31
Tabla 9. Cuadro de carga tablero 2.....	31
Tabla 10. Cuadro de carga tablero 3.....	32
Tabla 11. Cuadro de carga tablero 4.....	32
Tabla 12. Porcentaje para la selección de tuberías de acuerdo a su sección transversal.	34
Tabla 13. Cuadro de carga total	34
Tabla 14. Cálculo resistividad del terreno	41
Tabla 15. Costo estimado de la obra.....	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. SPT dedicadas e interconectadas	24
Ilustración 2. SPT método Wenner	25
Ilustración 3. Diseño circuitos ramales de tomacorrientes generales y específicos	35
Ilustración 4. Especificaciones generales de conductores y tuberías	35
Ilustración 5. Especificaciones generales de conductores para acometidas y tuberías.....	36
Ilustración 6. Layers de circuitos correspondientes.....	36
Ilustración 7. Gabinete de transferencia, gabinete de distribución y tablero de distribución	37
Ilustración 8. Simbología eléctrica circuitos de tomacorrientes	37
Ilustración 9. Circuito de iluminación piso 1	38
Ilustración 10. Diseño de circuitos de iluminación cancha, graderías e iluminación frontal.	39
Ilustración 11. Simbología iluminación y número del circuito ramal	39
Ilustración 12. Conductores y tuberías por circuitos.....	40
Ilustración 13. Proyección de tablero de control de luces	40
Ilustración 14. Simbología para sistema de iluminación.....	41
Ilustración 15. Diseño SPT	42
Ilustración 16. Diseño sistema de pararrayos	42
Ilustración 17. Diagrama unifilar	43
Ilustración 18. Transformador trifásico existente de 75KVA.....	44
Ilustración 19. Levantamiento del terreno y edificación.....	45
Ilustración 20. Opción contornos interiores	45
Ilustración 21. Opciones de aperturas para la edificación	46
Ilustración 22. Opción de selección áreas de trabajo	47
Ilustración 23. Opción levantamiento de columnas	47
Ilustración 24. Opción selección del tejado	48
Ilustración 25. Opción selección de techo	48
Ilustración 26. Opción selección de muebles y objetos	49
Ilustración 27. Opción selección de materiales y colores	49
Ilustración 28. Selección de luminarias	50
Ilustración 29. Opción de lámparas	51
Ilustración 30. Articulaciones de luminarias	51
Ilustración 31. Selección de áreas	52
Ilustración 32. Opción objetos de cálculos, documentación y proyecto para inicio de cálculos	52
Ilustración 33. Parámetros tipo iluminación.....	53
Ilustración 34. Datos luminotécnicos de los proyectores.....	53
Ilustración 35. Tipo de montaje	54
Ilustración 36. Selección de luminaria.....	54
Ilustración 37. Perfil de uso	54
Ilustración 38. Diseño sistema de iluminación vista 3D.....	55
Ilustración 39. Plano útil de iluminación de la cancha deportiva	56
Ilustración 40. Diseño del sistema de iluminación vista 2D	56

Ilustración 41. Rendimiento lumínico.....	57
---	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Corriente nominal de carga red trifásica	19
Ecuación 2. Corriente nominal de carga red monofásica	19
Ecuación 3. Corriente de conductor circuitos ramales	19
Ecuación 4. Porcentaje regulación de tensión	20
Ecuación 5. Constante de regulación.....	20
Ecuación 6. Constante de regulación monofásico	20
Ecuación 7. Potencial total por circuitos.....	21
Ecuación 8. Máxima tensión de contacto	24
Ecuación 9. Resistividad del terreno	26
Ecuación 10. Resistividad b siendo muy pequeña	26
Ecuación 11. Altura del montaje mínima de los proyectores.....	27
Ecuación 12. Valor de eficiencia energética.....	27

1 CAPÍTULO REGLAMENTOS Y NORMATIVAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN

Este capítulo tendrá como finalidad principal, abarcar los parámetros que establecen los reglamentos y normativas vigentes para las instalaciones eléctricas e iluminación en un escenario deportivo, y lo que se debe tener en cuenta para el cumplimiento de estos; siendo este capítulo de gran importancia para lograr el cumplir de los objetivos propuestos.

1.1 Justificación

Con base a la necesidad de un sistema eficiente de las instalaciones eléctricas y de alumbrado para un complejo deportivo, se realizará el diseño de la instalación eléctrica y de iluminación que cumpla con los requerimientos establecidos en los reglamentos y normativas vigentes para las instalaciones eléctricas en Colombia y que garantice que el escenario posea un sistema de iluminación adecuada que no afecte directa o indirectamente al personal presente, animales y/o el medio ambiente.

1.1.1 OBJETIVOS

1.1.1.1 Objetivo general

Diseñar la instalación eléctrica del complejo deportivo FARID ARANA DELGADILLO en Magangué-Bolívar de acuerdo al RETIE y otras normativas vigentes.

1.1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de diseño para el cumplimiento de los reglamentos técnicos, las normativas vigentes y los procedimientos de las instalaciones eléctricas.
- Diseñar el sistema eléctrico cumpliendo los parámetros requeridos en el reglamento y las normativas.
- Diseñar el sistema de iluminación del complejo deportivo mediante el software DIALux, según las normativas vigentes.

1.2 Acotaciones

Para la realización de este proyecto se prevé la utilización del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), la Norma Técnica Colombiana NTC2050 para dar cumplimiento a lo establecido en la instalación, el software DIALux para el diseño del sistema de alumbrado del complejo deportivo, el software AUTOCAD para el diseño de las instalaciones eléctricas, Excel para realizar los cuadros de cargas eléctricos, el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), Google Earth.

1.3 Legislación

1.3.1 Impacto ambiental

Teniendo en cuenta los principales requerimientos establecidos dentro de los reglamentos y normativas vigentes de las instalaciones eléctricas e iluminaciones, para dar cumplimiento de estas se debe tener conocimiento del impacto ambiental que esto conlleva, por tanto, uno de los principales requisitos a tener en cuenta es el reconocimiento del sitio y objetos a iluminar, verificar las condiciones de espacios e infraestructura, entre otros, tal como lo cita el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS mediante el RETILAP, en el capítulo 2. Requisitos generales para un sistema de iluminación, sección 200 Requisitos generales de un sistema de iluminación punto 200.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar.

“Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento.” (RETILAP, 2010)

Además, el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS mediante el RETILAP hace referencia a las condiciones ambientales del lugar en donde se suministrará el sistema de iluminación, con la finalidad de obtener una mayor eficiencia, por tanto, en el capítulo 3. Requisitos de productos para iluminación y alumbrado público, sección 300 Requisitos generales de los productos de iluminación o alumbrado público punto 300.2 Información sobre condiciones ambientales del lugar, hace referencia a dichas condiciones. (RETILAP, 2010)

1.3.2 Marco nacional

Teniendo en cuenta los parámetros requeridos dentro del marco nacional, en cumplimiento a lo establecido en los reglamentos y normativas de las instalaciones eléctricas y alumbrado, tenemos los principales requisitos:

En el artículo 10°. Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas en la sección 10.1 Diseño de las instalaciones eléctricas, nos hacen referencia a lo siguiente:

“Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.” (RETIE, 2013)

Además, para un sistema de iluminación se deben tener en cuenta los requerimientos establecidos por el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA mediante el RETILAP, en el capítulo 2. Requisitos generales para un sistema de iluminación punto 200.2 Requerimientos de iluminación. (RETILAP, 2010)

1.3.3 Campo de acción profesional

El profesional en el área eléctrica debe tener conocimiento de los reglamentos y normativas que rigen las instalaciones eléctricas e iluminación, para dar cumplimiento con lo exigido en cada uno de los puntos presentes en estos y en los que se deben tener en cuenta los requerimientos para realizar diseños eléctricos, supervisiones en instalaciones, protecciones eléctricas, tipos de instalaciones, sistemas de alumbrados, entre otros, y así dar garantía de sus conocimientos como profesional.

1.3.4 Sistema de gestión de seguridad

La seguridad en las instalaciones eléctricas es de suma importancia, teniendo en cuenta que se debe tener como prioridad para garantizar la seguridad del personal, el medio ambiente, los animales, equipos, entre otros; por esta razón, se deben tener en cuenta parámetros y sugerencias presentes dentro de los reglamentos y normativas vigentes que rigen las instalaciones eléctricas, tales como los tipos de riesgos, niveles de riesgo, entre otros, y en consecuencia se registra una matriz de riesgos con el que se evalúan cada tipo; tal como lo determina el RETIE en el artículo 9°. Análisis de riesgos de origen eléctrico y en la sección 9.2.1 Matriz de análisis de riesgos. (RETIE, 2013)

Además, en el que nos presenta las siguientes tablas para una mayor comprensión de lo establecido;

Tabla 9.3 Matriz para análisis de riesgos										
Riesgo a evaluar	Evento o efecto (ej: Quemaduras) por (al)(en)				Factor de riesgo (CAUSA) (ej: arco eléctrico)		Fuente (ej: celda de 13,8 kV)			
	Potencial ☐ Real ☐									
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la empresa	B Sucede varias veces al año en la empresa	A Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR:					MP		FECHA:			

Tabla 1. Análisis de riesgos establecidos en el RETIE

Fuente: (RETIE, 2013)

Tabla 9.4 Decisiones y acciones para controlar el riesgo			
COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	MUY ALTO	Inadmisible para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volverlo a valorar en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el análisis de trabajo seguro (ATS) y autoriza su realización mediante un Permiso Especial de Trabajo (PES).
	ALTO	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere Permiso especial de trabajo	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el Permiso de Trabajo (PT) presentados por el líder a cargo del trabajo.
	MEDIO	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder del grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo (PT) según procedimiento establecido.
	BAJO	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: - ¿Qué puede salir mal o fallar? - ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? - ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	MUY BAJO	Vigilar posibles cambios	No afecta la secuencia de las actividades

Tabla 2. Medidas y control del riesgo determinadas en el RETIE

Fuente: (RETIE, 2013)

2. CAPÍTULO: PROCEDIMIENTO PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS E ILUMINACIÓN

A continuación, se determinarán los parámetros requeridos dentro de los reglamentos y normativas vigentes para los diseños de las instalaciones eléctricas e iluminación, con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos propuestos; además de algunos conceptos presentes que se deben tener en cuenta.

2.1 Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica se puede definir como un conjunto cerrado de elementos compuestos por circuitos ramales, conductores, equipos y demás elementos que conforman un sistema eléctrico, en los que se permitan realizar distintas funciones, procesos y actividades; además, existen distintos tipos de instalaciones eléctricas dependiendo de los niveles de tensión requerido y sus aplicaciones ya sea distribución, generación, transmisión, entre otros, pero que tienen como finalidad trasladar la energía eléctrica hasta los distintos elementos consumidores. ((RETIE, 2013), (JD Eléctricos, 2020)

Para el diseño de las instalaciones eléctricas se deben tener en cuenta factores que influyen en la realización de una buena instalación, para ello se deben realizar cuadros

de cargas, los cuales servirán para conocer la potencia total, la corriente de carga nominal de cada circuito para la selección de las protecciones, la corriente de conductor para así seleccionar el conductor eléctrico que cumpla con lo solicitado, el tipo de tubería a utilizar y el porcentaje de regulación de tensión como condición de que el conductor seleccionado las pérdidas sean mínimas y según lo establecido en los presentes reglamentos.

Para determinar la corriente nominal de carga mediante las siguientes ecuaciones:

- Red trifásica BT

$$I = (1000 * P) / (3 * U * \cos\phi)$$

Ecuación 1. Corriente nominal de carga red trifásica

Fuente: (EPM, 2020)

- Red monofásica BT

$$I = (1000 * P) / (U * \cos\phi) \text{ (240 V)}$$

$$I = (1000 * P) / (2 * u * \cos\phi) \text{ (208 V)}$$

Ecuación 2. Corriente nominal de carga red monofásica

Fuente: (EPM, 2020)

Siendo,

P: Potencia a transportar por la acometida (kW), trifásica o monofásica

U: Tensión nominal entre fases (V)

u: Tensión nominal fase-neutro (V)

Cos ϕ : Factor de potencia (0,9 o 0,85 en atraso)

Se halla la corriente del conductor del circuito ramal mediante la multiplicación de $I_{nominal}$ por el 125% como margen de seguridad, tal como se presenta a continuación;

$$I_{conductor} = I_{nom} * 1,25$$

Ecuación 3. Corriente de conductor circuitos ramales

Fuente: (NTC2050, 1998)

Donde,

$I_{nominal}$ = Corriente nominal

Nota: el 1,25 de la ecuación 2 fue obtenida de la sección 422. Artefactos eléctricos, punto B. Requisitos para circuitos ramales, sección 422-4, inciso a) punto 2. La cual nos establece que en un circuito ramal la capacidad nominal no debe ser menor al 125%. (NTC2050, 1998)

El porcentaje de regulación de tensión se halla para la verificar el cumplimiento de selección del conductor eléctrico, por tanto, se utilizó la ecuación 8 determinada dentro

de los parámetros de AFINIA Grupo EPM en su documento Especificaciones particulares para Instalaciones de Conexión y Enlace: (EPM, 2020)

$$\% \Delta V = Kr * P * L$$

Ecuación 4. Porcentaje regulación de tensión

Fuente: (EPM, 2020)

Para un sistema trifásico tenemos que:

$$Kr = \frac{10^5(r+x*\tan\phi)}{U^2}$$

Ecuación 5. Constante de regulación

Fuente: (EPM, 2020)

Para un sistema monofásico tenemos que:

$$Kr = 10^5 * 2 * \frac{r+x*\tan\phi}{u^2}$$

Ecuación 6. Constante de regulación monofásico

Fuente: (EPM, 2020)

Donde;

ΔV : Caída de tensión (%)

Kr: Constante de Regulación (%/(kW*Km)

P: Potencia a transportar (kW)

L: Longitud de la acometida (Km)

r = Resistencia eléctrica del conductor (Ω /Km)

x = Reactancia eléctrica del conductor (Ω /Km)

U= Tensión entre fases (V)

u = Tensión fase-neutro (V)

$\tan\phi$ = Tangente del ángulo del factor de potencia ($\cos \phi$)

En el que r y x son hallados mediante la Tabla 9. Resistencia y reactancia de c.a. de cables trifásicos para 600 V a 60 Hz y 75 °C de la NTC2050 en el capítulo 9.

2.1.1 Potencia eléctrica

Es la energía eléctrica que es transferida a un circuito, sabiendo que esta energía puede ser consumida o generada para el funcionamiento de los equipos eléctricos. También se debe tener en cuenta que se presentan distintos tipos de cargas dentro de los circuitos en los que se tienen potencia activas y reactivas, y en los cuales tenemos elementos resistivos, inductivos y capacitivos dentro del sistema y en que los dos últimos generan desfases entre la tensión y la corriente. ((Efecto led, 2022), (G. J, 2022))

En este caso tenemos que la potencia total para una determinada carga en un circuito eléctrico, está determinada mediante la siguiente ecuación:

$$P_{Total}[W] = P_{unitaria} * \#elementos,$$

Ecuación 7. Potencial total por circuitos

Fuente: (NTC2050, 1998)

Donde;

$P_{Total}[W]$; Potencia total en W

$P_{unitaria}[W]$; Potencia unitaria del elemento en W

$\#elementos$; Cantidad de elementos en cada circuito

La cual nos servirá para determinar la potencia total en los cuadros de cargas determinados en el presente documento.

2.1.2 Simbología eléctrica

En el sector eléctrico se presentan distintas simbologías que se utilizan para hacer referencia a componentes eléctricos, los cuales son bastante utilizados a la hora de realizar diseños y con los que se buscan un mejor entendimiento por parte del personal a la hora de interpretar los planos eléctricos en cualquier tipo de obra. Además, es obligatorio el uso de estos, dando cumplimiento a lo establecido en el reglamento y las normas, las cuales se han basado en normas unificadas tales como la IEC 60617, ANSI Y32, CSA Z99 e IEEE 315, entre otras, las cuales han buscado mayor relación con respecto a la seguridad eléctrica. (RETIE, 2013) y (Unulec, s.f.)

Con base a lo anterior nos basamos en el artículo 6°. Simbología y señalización sección 6.1 Símbolos eléctricos del RETIE, los cuales se pueden observar en la tabla 3 y 4 del presente. (RETIE, 2013)

Tabla 6.1 Principales símbolos gráficos					
Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
Descargador de sobretensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones - DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme

Tabla 3. Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas

Fuente: (RETIE, 2013)

Tabla 6.1 Principales símbolos gráficos

Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre limitado	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Transformador, símbolo general
Tomacorriente en el piso	Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

Tabla 4. Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas

Fuente: (RETIE, 2013)

Además, nos hace referencia a cualquier instalación que no pueda acogerse a los símbolos antes vistos, debe ser justificado por el profesional a cargo, dando las razones de su selección. (RETIE, 2013)

2.1.3 Código de colores para conductores eléctricos

Los códigos de colores en las instalaciones eléctricas son de suma importancia, ya que de esta forma se pueden diferenciar los conductores que componen los circuitos, tales como fase o línea, neutro, tierra y tierra aislada; además, también son utilizados para diferenciar instalaciones con distintos niveles de tensión y el tipo de sistema utilizado. De esta forma se pueden evitar accidentes si se tiene conocimiento y se respeta el código de colores. (Efecto led, 2022)

En el artículo 6°. Simbología y señalización sección 6.3 Código de colores para conductores del RETIE nos presenta la tabla 5 con los códigos de colores, mostrada a continuación:

Tabla 6.5 Código de colores para conductores c.a.

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480-440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Tabla 5. Colores para conductores eléctricos en corriente alterna

Fuente: (RETIE, 2013)

También, nos hace referencia que a los niveles de tensión superiores a 360V, deben fijarse en los tableros de distribución, la marcación de los conductores acorde al sistema y al color representado, los conductores neutro y tierra deberán ser de su color correspondiente y nos establece que no se deben utilizar los colores blanco ni verde para conductores de fase o línea. (RETIE, 2013)

2.1.4 Sistema de puesta a tierra y requisitos generales.

Dentro de una instalación eléctrica es de suma importancia la instalación de un sistema de puesta a tierra, ya que es una de las protecciones con las que deben contar los circuitos eléctricos y que tiene como finalidad descargar a tierra cualquier corriente de fuga, buen funcionamiento de las protecciones, entre otras. Su objetivo principal es proteger a las personas y animales, así como la protección de las instalaciones y equipos conectados a estas. Los conductores de este sistema pueden ser de color verde, verde con amarillo o en ocasiones un conductor desnudo, cumpliendo con el código de colores establecido en el RETIE. Además, existen algunos tipos de protecciones en las que es necesario el sistema de puesta a tierra para que funcionen de manera correcta, siendo estas los SPD y las protecciones diferenciales. ((Cirprotec, s.f.) , (JD Eléctricos, 2021))

El RETIE en su artículo 15°. Sistema de puesta a tierra, nos determina los parámetros que debe cumplir el SPT en una instalación eléctrica, en el que además nos presenta los requisitos generales en su sección 15.1.

En la ilustración 1 se observa un SPT dedicada e interconectada. (RETIE, 2013)

Figura 15.1. Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas

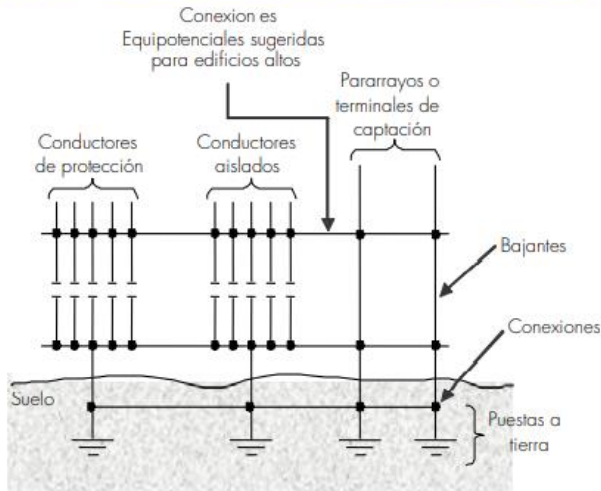


Ilustración 1. SPT dedicadas e interconectadas

Fuente: (RETIE, 2013)

En la Tabla 6, se tienen los valores que no deben ser superados y que corresponden a la máxima tensión de contacto aplicada al ser humano con una resistencia equivalente de 1000Ω. (RETIE, 2013)

$$\text{Máxima tensión de contacto} = \frac{116}{\sqrt{t}} [V, c. a.]$$

Ecuación 8. Máxima tensión de contacto

Fuente: (RETIE, 2013)

Tabla 15.1. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 6. Tensión de contacto máxima según la IEC y la IEEE.

Fuente: (RETIE, 2013)

2.1.5 Parámetros para el diseño del SPT y valores de referencia

El sistema de puesta a tierra es parte fundamental de un circuito eléctrico como método de protección contra descargas ya sea por corrientes transitorias, tensiones de paso y de contactos u otras; por tanto, el diseño de este sistema es de suma importancia para

garantizar una buena descarga a tierra y así proteger a las personas, animales, equipos, etc. Y que sirve como referencia común del sistema eléctrico. ((Quevedo, 2022) , (JD Eléctricos, 2021))

Para la realización del diseño del sistema de puesta a tierra el RETIE en el artículo 15°. sistema de puesta a tierra, sección 15.2 Diseño del sistema de puesta a tierra nos presenta los parámetros correspondientes; además, en su artículo 15°. Sistema de puesta a tierra, sección 15.4 Valores de referencia de resistencia de puesta a tierra. (RETIE, 2013)

Tabla 15.4. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra	
APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Tabla 7. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

Fuente: (RETIE, 2013)

2.1.6 Cálculo de puesta a tierra y estudio de resistividad Método Wenner.

Este es uno de los métodos más utilizados para aplicaciones eléctricas de cálculos en el diseño del SPT. Para este método se utilizan 4 picas ubicados en línea recta a distintas distancias, a una misma profundidad y situados en el área que se desea calcular la resistividad medida en ($\Omega.m$) y en el que se inyecta una corriente directa o de baja frecuencia por medio de un telurómetro, realizando varias pruebas para determinar la resistividad promedio. (Telurómetro, 2020)

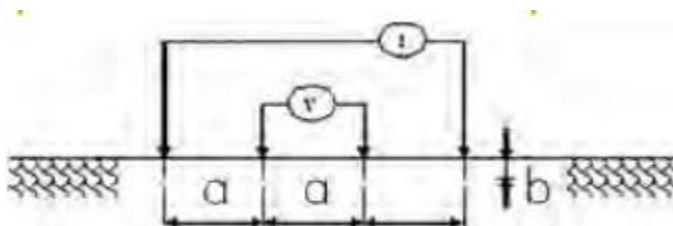


Ilustración 2. SPT método Wenner

Fuente: (RETIE, 2013)

La resistividad del terreno se calcula mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{4\pi aR}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

Ecuación 9. Resistividad del terreno

Fuente: (RETIE, 2013)

Donde:

ρ : Resistividad aparente del suelo en ohmios metro

a : Distancia entre electrodos adyacentes en metros.

b : Profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.

R : Resistencia eléctrica medida en ohmios, calculada como V/I

Cuando b es muy pequeño comparado con a , se tiene la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi aR$$

Ecuación 10. Resistividad b siendo muy pequeña

Fuente: (RETIE, 2013)

2.1.7 Parámetros de diseño para un sistema de protección contra descargas atmosféricas

El sistema de protección contra rayos se implementa en estructuras altas el cual posea elementos metálicos y dependiendo de las condiciones meteorológicas, teniendo en cuenta si es zona de altas o bajas descargas atmosféricas; por tanto, se debe realizar su diseño aplicando metodologías de las normas técnicas internacionales y así poder mitigar los riesgos que pueden estar asociados a descargas atmosféricas y disminuir sus efectos. (RETIE, 2013)

Por tal motivo en el RETIE nos establece los parámetros que se deben tener en cuenta en su artículo 16°. Protección contra rayos, sección 16.2 Diseño e implementación de un sistema de protección contra rayos. (RETIE, 2013)

2.2 Sistemas de iluminación

Son los circuitos eléctricos que se utilizan para alimentar fuentes luminosas, comprendidos por un conjunto de luminarias, que tiene como finalidad suministrar luz a distintos espacios, ya sean externos o internos, en los que se presentan distintos procesos para la obtención de la iluminación. Además, para la realización de estos sistemas se debe tener en cuenta la tecnología de iluminado, las características principales como la potencia, el flujo lumínico, entre otros, y así seleccionar el sistema de iluminación adecuado para cada espacio a iluminar. ((RETILAP, 2010) y (ACA, s.f.))

Teniendo en cuenta uno de los parámetros que nos permite hallar la altura del montaje de los proyectores para una cancha deportiva de uso exterior de acuerdo a (RETILAP, 2010) tenemos que:

$$h_m = \left[\frac{w}{3} + Sep \right] * \tan (30^\circ)$$

Ecuación 11. Altura del montaje mínima de los proyectores

Fuente: (RETILAP, 2010)

Donde:

hm = Altura de montaje mínima de los proyectores

W = Ancho del campo deportivo

Sep= Separación entre el campo deportivo y la base de los postes

Esto garantiza un bajo nivel de deslumbramiento a los jugadores.

Además, tenemos parámetros establecidos del nivel de iluminación horizontal de acuerdo al tipo de juego y nivel de competencia, según lo establecido en la tabla 560.3.1 Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia, y en el capítulo 4. Diseños y cálculos de iluminación interior, Sección 410 requisitos generales del diseño de alumbrado interior tal como lo establece el RETILAP.

Para un sistema de iluminación se deben tener en cuenta los valores de eficiencia energética el cual está estipulado en la Tabla 440.1 del RETILAP, donde nos establecen los valores para cada tipo de instalación y se halla mediante la siguiente ecuación:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * E_{prom}}$$

Ecuación 12. Valor de eficiencia energética

Fuente: (RETILAP, 2010)

Donde:

P: Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]

S: Superficie iluminada [m2]

E_{prom}: Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

3. CAPÍTULO – DISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS E ILUMINACIÓN DEL COMPLEJO DEPORTIVO

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la realización de los diseños de circuitos eléctricos e iluminación del complejo deportivo, los cuales fueron realizados mediante la determinación de los parámetros presentes en los reglamentos RETIE, RETILAP y normativa NTC2050 vigente; además, bajo la utilización de softwares de diseño tales como AUTOCAD para el diseño de los circuitos eléctricos, DIALux para el diseño del sistema de iluminación, el cual nos permite observar que se cumplan los

niveles de lx estipulados para distintas áreas y EXCEL para realización de cálculos para los cuadros de cargas.

3.1 Parámetros de diseño para instalación eléctrica

Se procedió a determinar los parámetros de diseño para establecer cada uno de los requisitos que piden los reglamentos para instalaciones eléctricas y las normativas correspondientes como lo es el caso de la NTC2050. Esta determinación se hizo con la finalidad de garantizar cada uno de los puntos de diseño, simbologías eléctricas, cuadros de cargas, circuitos generales de tomacorrientes e iluminación, circuitos especiales, cálculo de conductores, protecciones eléctricas, tipo de instalación, tipo de tuberías y demás elementos que componen un circuito eléctrico y en el que se debe brindar la seguridad correspondiente.

Para el diseño de la instalación eléctrica del complejo deportivo se tuvo en cuenta parámetros de diseño como lo es distancia entre tomacorrientes, altura, tipos de tomacorrientes, sistema de iluminación, tableros de distribución, entre otros. Dentro de los puntos seleccionados para la realización del diseño tenemos:

- Simbologías eléctricas
- Diseño de los circuitos ramales y circuitos de distribución principales (acometidas)
- Diseño del sistema de iluminación
- Cuadros de cargas, protecciones de circuitos ramales y de distribución principal
- Selección del transformador
- Selección de conductores eléctricos de acometidas y circuitos ramales
- Selección del sistema de puesta a tierra y apantallamiento
- Conductores eléctricos por tubería y selección del tipo de tubería

Con base en cada uno de los puntos anteriormente presentados, se desglosan parámetros a tener en cuenta para el cumplimiento de las normativas y reglamentos presentes.

- **Simbologías eléctricas**

Uno de los principales parámetros que se utilizaron para la realización del diseño de las instalaciones eléctricas fue la selección y utilización de simbologías eléctricas presentes dentro de los reglamentos, esto con la finalidad de identificar cada elemento dentro del sistema eléctrico, como lo son las simbologías de los tomacorrientes generales y especiales, circuitos ramales, simbologías de sistemas de iluminación, gabinetes y tableros de distribución, fases, neutro, tierra, entre otros. Además, se establecen parámetros para la identificación de los circuitos tal como se presenta en la tabla 5 del presente documento.

Para la selección de estas simbologías eléctricas se tuvo en cuenta la tabla 3 y la tabla 4 del presente documento y que fueron extraídos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

- **Diseño de los circuitos ramales y circuitos de distribución principales (acometidas)**

Para realizar los diseños de los circuitos ramales y los circuitos de distribución principales (acometidas), se tuvieron en cuenta datos como elementos presentes en el circuito, tipo de circuitos, cargas en los circuitos, símbolos eléctricos, número del circuito ramal para su identificación, número de conductores eléctricos e identificación de cada uno de ellos, cargas asociadas para selección del calibre de conductores y protecciones de cada circuito ramal, tipos de acometidas.

Para la realización de los diseños se tuvieron en cuenta los requisitos mínimos establecidos dentro de la norma NTC2050 en la sección 110 y la sección 210, y el RETIE, el cual nos habla de las disposiciones generales para estos circuitos, capacidad nominal de los circuitos y salidas necesarias.

En los presentes reglamentos nos establecen que se deben identificar los tipos de circuitos, las alturas y distancias máximas y mínimas permitidas para los elementos presentes en el circuito, cargas soportadas por circuitos, selección de los conductores teniendo en cuenta factores como corriente de conductor, caída de tensión producto de la distancia de los puntos, canalizaciones, entre otros parámetros.

Dentro de la normativa nos determina parámetros en los que nos hace referencia a tomacorrientes de seguridad y protección tipo GFCI si se cumple el artículo 210-8 inciso a) subinciso 2) de la norma NTC 2050; el cual determina que deben ofrecer protección mediante interrupción del circuito, al encontrarse en sitios de trabajo.

- **Diseño del sistema de iluminación**

Para la realización del sistema de iluminación del complejo deportivo, se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos mediante el RETILAP en el capítulo 4, sección 560.3 y el artículo 17 del RETIE y la NTC2050 para este tipo de escenarios, además de la utilización del software de iluminación DIALux para verificar que se cumplieran estos parámetros.

Para este tipo de escenarios se tuvieron en cuenta factores que puedan afectar al personal presente en dicho escenario, en los que se pueden presentar bajos o altos niveles de iluminación a razón de una mala selección de luminarias, las zonas que se necesitan iluminar, el ángulo de deflexión, entre otros. Por tal motivo, es importante el cumplimiento de los parámetros requeridos para este sistema de iluminación.

- **Cuadros de cargas, protecciones de circuitos ramales y de distribución principal**

Se realizaron los cuadros de cargas con base en los diseños realizados y las cargas totales suministradas. Para ello se tuvieron en cuenta datos suministrados con base en las necesidades propuestas y se procedió con el diseño de los cuadros de cargas teniendo en cuenta los números de circuitos, cargas totales por circuitos, tensión nominal, potencias, factor de potencia y elementos que componen los circuitos ramales. Por tanto, mediante estos cuadros de cargas, se procedió a realizar el equilibrio de las cargas para las fases, selección de los conductores de los circuitos ramales teniendo en cuenta la corriente de conductor, las distancias para los cálculos de regulación de tensión, las protecciones asociadas a cada circuito ramal y para los circuitos principales y selección de tuberías para cada circuito, la sección 220 de la ntc2050 y el artículo 10 del RETIE; cumpliendo así con lo establecido.

- **Selección del transformador**

Con base en los valores obtenidos en los cuadros de cargas, se procedió a seleccionar el transformador que cumpla con los requisitos mínimos establecidos dentro del capítulo 3, artículo 20, sección 20.25 del RETIE, esto con el fin de garantizar un funcionamiento correcto en los circuitos y teniendo en cuenta factores como lo son cargas futuras y pérdidas en el núcleo del transformador por desgaste ocasionado con el transcurrir del tiempo.

- **Selección de conductores eléctricos de acometidas y circuitos ramales**

Para la selección de los conductores eléctricos de las acometidas y los circuitos ramales, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos dentro de los cuadros de cargas, esto con la finalidad de seleccionar los conductores eléctricos que cumplan con los requerimientos mínimos establecidos dentro de la sección 310, tabla 310-16 de la NTC2050, teniendo en cuenta que el cumplimiento de estos se garantizaría la instalación eléctrica. Para esta selección se tuvieron en cuenta la corriente que podría circular por cada circuito y el porcentaje de regulación de tensión, teniendo en cuenta las distancias de los circuitos, tal como lo establece la norma.

- **Selección del sistema de puesta a tierra y apantallamiento**

En este apartado se determinaron los parámetros que se deben tener en cuenta para la selección e instalación de los sistemas de puesta a tierra y apantallamiento, tal como se muestra en los puntos 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.5, descritos en el presente documento, con el que se busca que se garanticen los requisitos mínimos establecidos en la NTC2050 y el RETIE, pero no fue posible realizar el diseño de estos a raíz de que fue contratada una empresa para la realización de estos y por políticas de confidencialidad no me fue posible tener acceso a los resultados en los que se encontraban datos necesarios, ni a los diseños de estos.

Para el diseño de este sistema de puesta a tierra se deben cumplir los requerimientos establecidos en la NTC2050 en la sección 250 y teniendo en

cuenta las generalidades y sistema a utilizar, siendo la sección 250-23 una de estas.

● **Conductores eléctricos por tubería y selección del tipo de tubería**

Se determinaron los parámetros requeridos para la selección de la tubería tipo eléctrica, teniendo en cuenta puntos como lo son: cantidad de conductores, sección transversal de los conductores, tipo de instalación, tipo de tubería, porcentaje máximo de conductores para el llenado de la tubería tal como lo establece el capítulo 9, punto A. Tablas, Tabla 1. de la NTC2050.

3.2 Cuadros de cargas y diseños de circuitos eléctricos

3.2.1 Cuadros de cargas

Se realizaron los cuadros de cargas correspondientes a los circuitos previstos dentro de la instalación eléctrica, para ello se tuvieron en cuenta distintos parámetros, tales como: cantidad de circuitos, nombre de los circuitos, cantidades de tomacorrientes generales y/o especiales, iluminación, potencia, distancias, % de regulación de tensión, corriente, voltajes de línea y de fase, calibre de tubería, calibre de conductores eléctricos, y demás datos obtenidos de las tablas presentes en los reglamentos y formulas.

En la presente tabla se presentan los cuadros de cargas establecidos con la distribución de los circuitos ramales.

CUADRO DE CARGAS TABLERO 1																	coef. ϕ		0,95		0,686831	
N° Circuito	Descripción del circuito	tomacorrientes especiales	tomacorrientes comunes	iluminación	Potencia [W]	P. total [W]	P. total [VA]	FP	Fase A	Fase B	Fase C	voltaje [V]	corriente [A]	Protección [A]	Calibre del conductor [AVG]	Ductos (inch)	distancia (m)	%Regulación de tensión	Kr	r	s	
1	CIRCUITO PASILLO	0	0	12	25,7	308,4	324,6398	0,95	X			127	2,4283465	15	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,6247592	82,787415	6,56	0,177	
2	CIRCUITO 2 PASILLO	0	0	8	25,7	205,6	216,42105	0,95		X		127	1,6388976	15	#12 AVG	1/2 in	20	0,34042185	82,787415	6,56	0,177	
3	CIRCUITO 3 PASILLO	0	0	16	25,7	408,3	440	0,95			X	127	4,7874016	15	#10 AVG	1/2 in	77	2,244809793	50,183348	3,94	0,164	
4	CIRCUITO 4 PASILLO	0	0	16	25,7	408,3	468,34727	0,95			X	127	3,642937	15	#10 AVG	1/2 in	36	2,278004495	50,183348	3,94	0,164	
5	CIRCUITO BAÑOS	0	0	9	38	342	360	0,95	X			127	2,6329334	15	#12 AVG	1/2 in	40	1,13253835	82,787415	6,56	0,177	
6	PCITO LUCES GENERAL	0	0	19	25,7	488,3	514	0,95			X	127	3,8448919	15	#12 AVG	1/2 in	35	1,41497313	82,787415	6,56	0,177	
7	PCITO LUCES GENERAL	0	0	7	25,7	179,9	193,36842	0,95	X			127	1,4885194	15	#12 AVG	1/2 in	25	0,521270957	82,787415	6,56	0,177	
8	ILUMINACION SALONES	0	0	20	25,7	514	541,05263	0,95			X	127	4,0472441	15	#12 AVG	1/2 in	45	1,914872505	82,787415	6,56	0,177	
9	MACORRIENTES GENERAL	0	8	0	150	1200	1263,1679	0,95	X			127	3,4488919	20	#10 AVG	1/2 in	30	1,006360938	50,183348	3,94	0,164	
10	MACORRIENTES GENERAL	0	8	0	150	1200	1263,1679	0,95	X			127	3,4488919	20	#10 AVG	1/2 in	35	2,30933627	50,183348	3,94	0,164	
11	MACORRIENTES GENERAL	0	7	0	150	1050	1105,2632	0,95			X	127	3,267795	20	#10 AVG	1/2 in	42	2,215252659	50,183348	3,94	0,164	
12 Y 13	AA1 220V	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	2x25	#12 AVG	1/2 in	38	0,879609585	15,431747	6,56	0,177	
14 Y 15	AA2 220V	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	2x25	#12 AVG	1/2 in	38	0,69442662	15,431747	6,56	0,177	
16 Y 17	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	2x25	#12 AVG	1/2 in	0	0	15,431747	6,56	0,177	
18 Y 19	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	2x25	#12 AVG	1/2 in	0	0	15,431747	6,56	0,177	
TOTAL					12558,8	13215,789						208	34,860768	43,675957								
Acometida sistema trifásico conductor calibre 3/M6 AV/G Cu Negro + 1/N6 AV/G Cu Blanco																sRegulación acometida		Kr	distancia [F (K/V)]	r	s	
Proteccion totalizador 3x40 Amp, tubería EMT de 1" g tablero de distribución de 24 circuitos																0,499232986		3,3759648	0,01	12,5588	161	0,167

Tabla 8. Cuadro de carga tablero 1

Fuente: Autor, 2022

CUADRO DE CARGAS TABLERO 2																	coef. ϕ		0,95	0,686831			
N° Circuito	Descripción del circuito	tomacorrientes especiales	tomacorrientes comunes	iluminación	Potencia [W]	P. total [W]	P. total [VA]	FP	Fase A	Fase B	Fase C	voltaje [V]	corriente [A]	Protección [A]	Calibre del conductor [AVG]	Ductos (inch)	distancia (m)	%Regulación de tensión	Kr	r	s		
1	CIRCUITO PASILLO 1	0	0	15	25,7	385,5	405,78947	0,95	X			127	3,0384331	15	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,37504022	39,784303	6,56	0,177		
2	CTO ILUMINACION 1	0	0	13	25,7	334,1	351,68423	0,95		X		127	2,6307087	15	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,335275406	39,784303	6,56	0,177		
3	CTO ILUMINACION 2	0	0	15	25,7	385,5	405,78947	0,95			X	127	3,0384331	15	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,330433161	39,784303	6,56	0,177		
4	CTO ILUMINACION 3	0	0	16	25,7	411,2	432,84211	0,95			X	127	3,2377953	15	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,414462038	39,784303	6,56	0,177		
5	TOMACORRIENTES	4	0	0	150	600	1440	0,95			X	127	4,7244094	20	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,607870071	39,784303	6,56	0,177		
6	CTO TOMACORRIENTES 1	0	8	0	150	1200	1263,1679	0,95	X			127	3,4488919	20	#12 AVG	1/2 in	24,47	1,215356143	39,784303	6,56	0,177		
7 y 8	AA1	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	2x25	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,566362311	18,624298	6,56	0,177		
9 y 10	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	25	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,566362311	18,624298	6,56	0,177		
11 y 12	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1678,3474	0,95	X	X		208	3,6957632	25	#12 AVG	1/2 in	24,47	0,566362311	18,624298	6,56	0,177		
TOTAL					7816,3	9036,093						208	21,636516	27,120645									
Acometida sistema trifásico conductor calibre 3/M6 AV/G Cu Negro + 1/N6 AV/G Cu Blanco																	sRegulación acometida		Kr	distancia [F (K/V)]	r	s	
Proteccion totalizador 3x40 Amp, tubería EMT de 1" g tablero de distribución de 24 circuitos																	0,776177017		3,3759648	0,025	7,8163	161	0,167

Tabla 9. Cuadro de carga tablero 2

Fuente: Autor, 2022

CUADRO DE CARGAS TABLERO 3																	cos φ		0,95		0,5816831		
N° Circuito	Descripción del circuito	tomacorrientes especiales	tomacorrientes comunes	iluminación	Potencia [W]	P. total [W]	P. total [VA]	FP	Fase A	Fase B	Fase C	volaje [V]	Corriente [A]	Protección [A]	Calibre del conductor [AVG]	Ductos (inch)	distancia (m)	%Regulación de tensión	Kr	r	s		
1	CTO PASILLO 1	0	0	15	25,7	395,5	495,73947	0,95	X			127	3,0354321	15	#12 AVG	V2 in	43	0,68167291	41,93707	6,56	0,177		
2	CTO ALUMBRADO 1	0	0	14	25,7	359,8	378,73684	0,95		X		127	2,8230709	15	#12 AVG	V2 in	35	0,521270957	41,93707	6,56	0,177		
3	CTO BALON 1	0	0	11	25,7	232,7	237,57895	0,95			X	127	2,2258643	15	#12 AVG	V2 in	69	0,70220065	41,93707	6,56	0,177		
4	CTO SALON 2	0	0	15	25,7	395,5	495,73947	0,95	X			127	3,0354321	15	#12 AVG	V2 in	65	1,017222921	41,93707	6,56	0,177		
5	CTO PASILLO 2	0	0	19	25,7	488,3	514	0,95		X		127	3,8448893	15	#12 AVG	V2 in	72	1,455303408	41,93707	6,56	0,177		
6	CTO PASILLO 3	0	0	20	25,7	514	541,05263	0,95			X	127	4,0472441	15	#12 AVG	V2 in	89	1,70205249	41,93707	6,56	0,177		
7	CTO TOMACORRIENTES 1	0	8	0	150	1200	1263,1679	0,95			X	127	3,4448893	20	#12 AVG	V2 in	24,47	1,218484824	41,93707	6,56	0,177		
8	CTO TOMACORRIENTES 2	0	8	0	150	1200	1263,1679	0,95			X	127	3,4448893	20	#12 AVG	V2 in	24,47	1,218484824	41,93707	6,56	0,177		
9 y 10	AA1 220V	0	1	0	1500	1500	1578,9474	0,95	X	X		127	5,9055118	2X25	#12 AVG	V2 in	24,47	1,51935803	41,93707	6,56	0,177		
11 y 12	AA2 220V	0	1	0	1500	1500	1578,9474	0,95	X	X		127	5,9055118	25	#12 AVG	V2 in	24,47	1,51935803	41,93707	6,56	0,177		
13 y 14	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1578,9474	0,95	X	X		127	5,9055118	25	#12 AVG	V2 in	24,47	1,51935803	41,93707	6,56	0,177		
15 y 16	PROYECCION	0	1	0	1500	1500	1578,9474	0,95	X	X		127	5,9055118	25	#12 AVG	V2 in	24,47	1,51935803	41,93707	6,56	0,177		
TOTAL					10815,8	11385,053						208	30,02254	37,528174									
Acometida sistema trifásico conductor calibre 3x16 AVG Cu Negro + 1N6 AVG Cu Blanco																	%Regulación acometida		Kr	distancia K [P (V)]	r	s	
Protección totalizador 3x40 Amp, tubería EMT de 1" y tablero de distribución de 24 circuitos																	1,207477672		3,7212388	0,03	10,8158	1,61	0,167

Tabla 10. Cuadro de carga tablero 3

Fuente: Autor, 2022

CUADRO DE CARGAS 4: Luminarias campo de juego y graderías																	cos φ		0,95	0,5816831			
N° Circuito	Descripción del circuito	tomacorrientes especiales	tomacorrientes comunes	iluminación	Potencia [W]	P. total [W]	P. total [VA]	FP	Fase A	Fase B	Fase C	volaje [V]	Corriente [A]	Protección [A]	Calibre del conductor [AVG]	Ductos (inch)	distancia (m)	%Regulación de tensión	Kr	r	s		
1 y 2	luzes 1	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	75	2,480715757	18,21757	3,94	0,164		
3 y 4	luzes 2	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	70	2,39523284	18,21757	3,94	0,164		
5 y 6	luzes 3	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	65	2,143991923	18,21757	3,94	0,164		
7 y 8	luzes 4	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	65	2,143991923	18,21757	3,94	0,164		
9 y 10	luzes 5	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	60	1,984577066	18,21757	3,94	0,164		
11 y 12	luzes 6	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	60	1,984577066	18,21757	3,94	0,164		
13 y 14	luzes 7	0	0	4	454	1816	1911,5789	0,95	X	X		208	4,3653846	2X25	#10 AVG	V2 in	55	1,881900681	18,21757	3,94	0,164		
15 y 16	luzes gradas 1	0	0	4	200	800	842,10526	0,95	X	X		208	1,8230769	2X20	#12 AVG	V2 in	100	2,426305863	30,325444	6,56	0,177		
17 y 18	luzes gradas 1	0	0	4	200	800	842,10526	0,95	X	X		208	1,8230769	2X20	#12 AVG	V2 in	95	2,304732728	30,325444	6,56	0,177		
19 y 20	luzes gradas 2	0	0	4	200	800	842,10526	0,95	X	X		208	1,8230769	2X20	#12 AVG	V2 in	90	2,183431953	30,325444	6,56	0,177		
21 y 22	luzes gradas 2	0	0	4	200	800	842,10526	0,95	X	X		208	1,8230769	2X20	#12 AVG	V2 in	90	2,183431953	30,325444	6,56	0,177		
TOTAL					15912	16745,474						208	44,86858	55,230739									
Acometida sistema trifásico conductor calibre 3x16 AVG Cu Negro + 1N6 AVG Cu Blanco																	%Regulación acometida		Kr	distancia K [P (V)]	r	s	
Protección totalizador 3x40 Amp, tubería EMT de 1" y tablero de distribución de 24 circuitos																	0,153210421		3,7212388	0,01	15,952	1,61	0,167

Tabla 11. Cuadro de carga tablero 4

Fuente: Autor, 2022

En cada una de las tablas se pueden observar el número del circuito en la primera columna, descripción del circuito, cantidad de tomacorrientes generales, tomacorrientes especiales, iluminación, potencia unitaria [W], potencia total en [W], potencia total en [VA], FP, fases seleccionadas para los circuitos, tensión, corriente, protección mediante corriente de carga, calibre del conductor, tubería, distancia, % de regulación de tensión, momento eléctrico, KG, VL², potencia total en [KVA] y factor de corrección de acuerdo al tipo de sistema en BT.

Cálculos cuadro de cargas

Hallamos la *Inominal* de carga mediante la ecuación 1, donde;

$$PTotal [W]=25,7W*12$$

$$PTotal [W]=308,4W$$

$$PTotal [KW]=0,3084KW$$

Luego determinamos la *Inominal* de carga mediante la ecuación 2, donde;

$$Inominal= (1000*0,3084 KW) / (127V*cos (0,95))$$

$$Inominal=4,1746898A$$

Con la *Inominal* de carga se calculó la *Iconductor* mediante la ecuación 3, donde;

$$IConductor=4,1746898A*1,25$$

$$IConductor=5,218362A$$

Con base a la corriente nominal y la *I*conductor seleccionamos la protección la cual sería de 15A y el calibre del conductor será #12 AWG que soporta 30A a 90°C para alimentar el circuito ramal correspondiente. Además, seleccionamos el tipo de tubería cumpliendo que para más de 2 conductores el porcentaje de sección transversal deberá ser de un 40%.

Luego determinamos el %Regulación de tensión para el circuito y determinar que cumpla el 3% como lo establece la norma AFINIA para circuitos ramales y acometidas, mediante la ecuación 4, pero primero determinamos el constante Kr mediante la ecuación 5, donde;

$$FP=0,95$$

$$Kr = 10^5 * 2 * \frac{6,56\Omega/Km + 0,223\Omega/Km * \tan(\cos(0,95))}{127V^2}$$

$$Kr = 83,16249729 \text{ \%}/KW * Km$$

$$\% \Delta V = 83,16249729 \text{ \%}/KW * Km * 0,3084KW * 0,02447Km$$

$$\% \Delta V = 0,627589778 \text{ \%}$$

Dando cumplimiento al %Regulación de tensión para este conductor del circuito ramal correspondiente.

Para hallar cada uno de los datos se realizó un cuadro de cálculos mediante la herramienta tecnológica Excel, en el que se le suministraron cada una de las ecuaciones correspondientes para cada calculo que se necesitó hallar y obteniendo los resultados para cada cuadro de carga. Además, con base en los resultados obtenidos se procedió a seleccionar las protecciones para cada circuito ramal y acometida, calibre de los conductores mediante la corriente de conductor y el % de regulación de tensión, verificando así que los conductores eléctricos cumplieran con los requerimientos establecidos.

Por tanto, al realizar los cálculos pertinentes verificamos si el conductor es el adecuado al cumplir con este porcentaje que debe ser menor al 3%, de acuerdo a lo establecido en la Norma AFINIA Grupo EMP en su apartado 3.3. regulación de tensión. (Grupo EPM, 2015)

Con base en lo obtenido, se procede a seleccionar el tipo de tubería que será utilizada para los respectivos circuitos ramales y su selección en cuanto al material de la tubería se determina de acuerdo al ambiente en el que serán expuestos. En la NTC2050 nos hace referencia al porcentaje que se debe tener en cuenta al momento de seleccionar la tubería de acuerdo a su sección transversal, tal como se muestra a continuación la tabla 12;

Tabla 1. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Tabla 12. Porcentaje para la selección de tuberías de acuerdo a su sección transversal.

Fuente: (NTC2050, 1998)

CARGA TOTAL									
descripcion	potencia (w)	I total (A)	I conductor						
tablero 1	12558,8	34,86076568	43,575957						
tablero 2	7816,3	21,69651581	27,120645						
tablero 3	10815,8	30,02253953	37,528174						
tablero 4	15912	44,16859122	55,210739						
P total (w)	47102,9								
P total (VA)	49582			%Regulacion acometida	Kr	distancia K	P (Kw)	r	z
Voltaje (V)	208			2,808626855	3,9751648	0,015	47,1029	1,61	0,167
I total (A)	130,7484122								
I conductor	163,4355153								

Nota: Se requiere la instalacion de un transformador de 75KVA con sus respectivas protecciones.
Acometida calibre del conductor electrico 3XN*3/0 A/WG Cu Negro + 1N*3/0 A/WG Cu Blanco
Proteccion 3X150 Amp, tuberia conduit EMT de 2"

Tabla 13. Cuadro de carga total

Fuente: Autor, 2022

Con base en los cuadros de carga para cada tablero de distribución se realiza el cálculo del cuadro de carga total para un gabinete de distribución principal, y en el que se procede a calcular el calibre de la acometida mediante la corriente total y corriente de conductor; además, se realiza el %Regulación de tensión para verificar cumplimiento del conductor de la acometida y se procede a escoger la protección del gabinete principal, tal como se observa en la tabla 13. Cuadro de carga total.

Dentro de la nota se estableció la selección del transformador de 75KVA y en el que se encontraba un transformador existente en la zona, el cual cumple con los requerimientos; teniendo así un porcentaje de potencia para cargas futuras y desgastes del transformador por envejecimiento.

3.2.2 Generalidades de diseño

3.2.2.1 Diseño de circuitos eléctricos de tomacorrientes generales y específicos

Se realizaron los diseños de las instalaciones eléctricas teniendo en cuenta los parámetros requeridos en los reglamentos y normativas, como lo es simbología, circuitos ramales, identificación de circuitos, distancias, entre otros. A continuación, se presentan los diseños de los circuitos de tomacorrientes generales, tomacorrientes especiales, circuitos de iluminación, acometidas y diagramas unifilares.

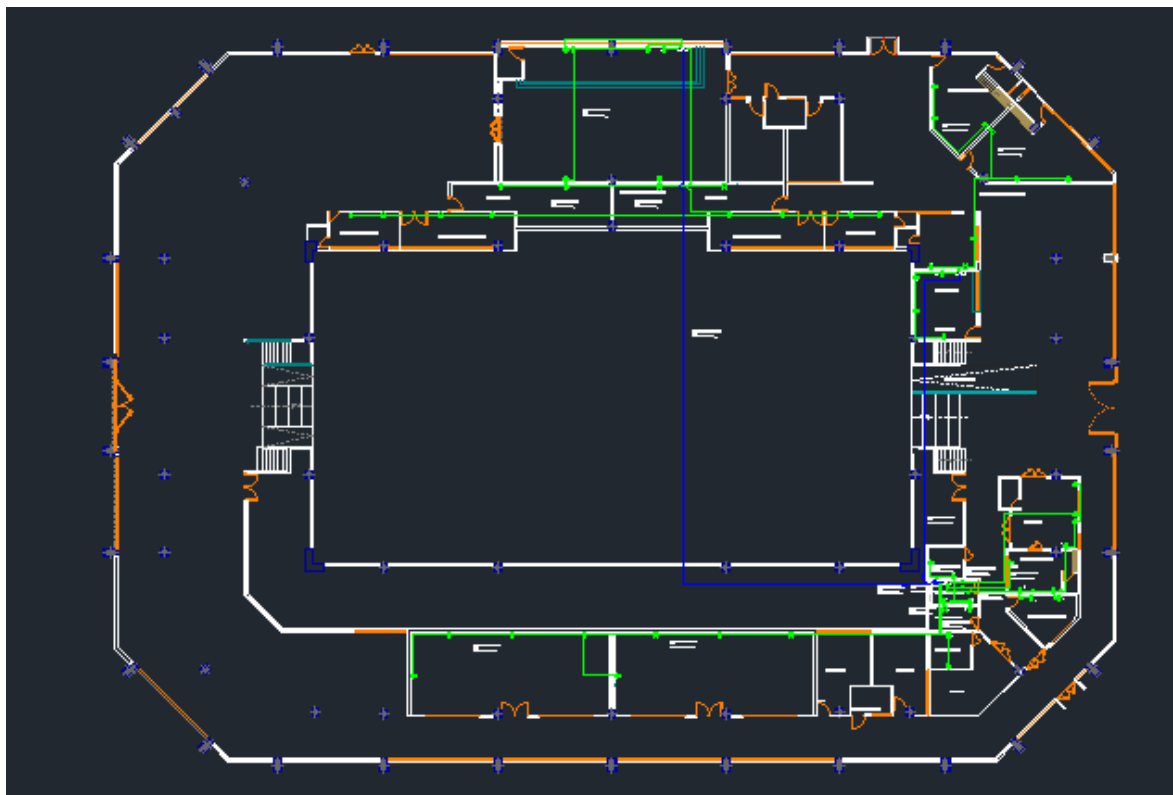


Ilustración 3. Diseño circuitos ramales de tomacorrientes generales y específicos

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 3 se presenta el diseño de los circuitos ramales de tomacorrientes generales y específicos, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la norma NTC2050 y el RETIE, en este se presentas tomacorrientes especiales tipo GFCI en áreas especiales.



Ilustración 4. Especificaciones generales de conductores y tuberías

Fuente: Autor, 2022

En el área demarcada con el círculo rojo en la ilustración 4, se especifica número del circuito correspondiente, el calibre del conductor y tipo, número de conductores por ductería, número de fases, neutro y tierra presente, tipo de tubería y calibre de estas.

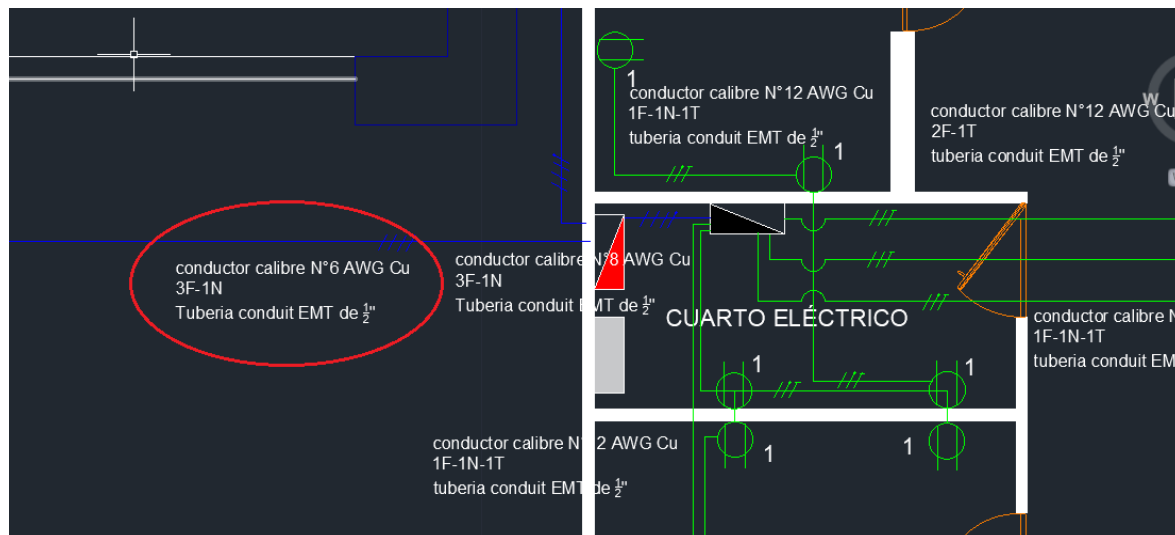


Ilustración 5. Especificaciones generales de conductores para acometidas y tuberías.

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 5 se referenció dentro del círculo rojo el calibre de la acometida de distribución para los tableros secundarios, la cantidad de conductores, numero de fases y neutros, tipo de tuberías y calibre de esta.

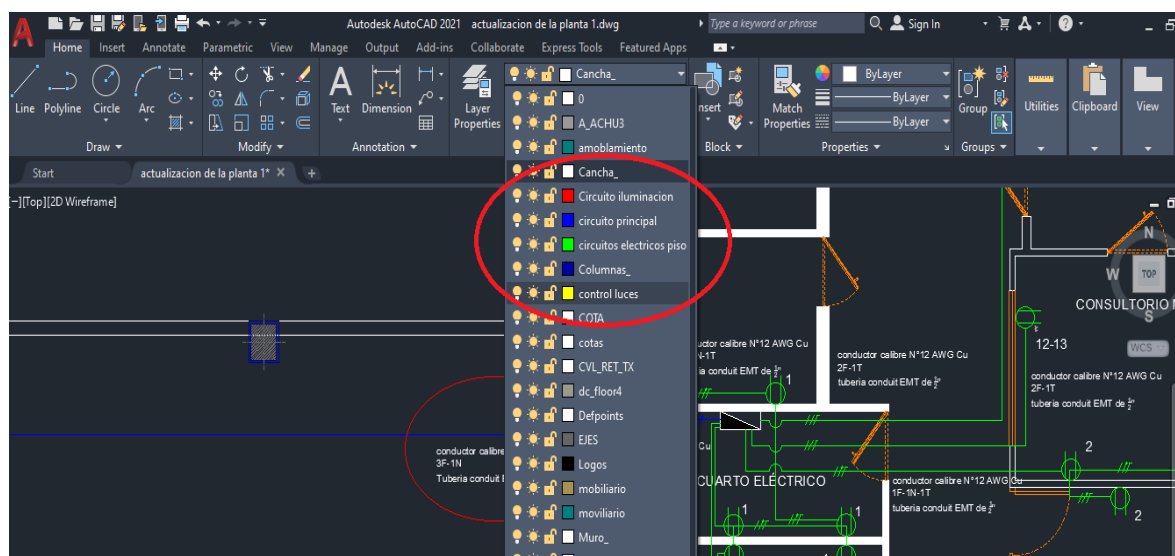


Ilustración 6. Layers de circuitos correspondientes

Fuente: Autor, 2022

Fuente: Autor, 2022

Select an annotation object or 

	Tablero de protección de circuitos		Gabinete Principal
	Ducto por pared o piso		Circuito Principal
	Tomacorriente doble		Proyección Gabinete transferencia
	Tomacorriente GFCI		Conductores F-N-T
	Tomacorriente Aire Acondicionado		

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 8 se presentan las simbologías eléctricas utilizadas para referenciar cada elemento presente en el diseño de los circuitos de tomacorrientes generales y específicos, tal como lo indica el RETIE y como se puede observar en la tabla 3 y tabla 4 del presente documento.

3.2.2.2 Diseño de circuitos eléctricos del sistema de iluminación general

En este apartado se realizó el diseño de los circuitos para el sistema de iluminación, en el que se tuvieron en cuenta los requerimientos establecidos dentro de la NTC2050 y el RETILAP para realizar estos diseños. Se realizaron los circuitos ramales para iluminaciones generales, oficinas, pasillos, baños y demás, teniendo en cuenta los datos suministrados dentro de los cuadros de cargas anteriormente presentados para el primer nivel; mientras que para el segundo nivel se tienen circuitos de iluminación para la zona de las graderías y la iluminación para la cancha deportiva según el RETILAP en la sección 560, subsección 560. Para los demás espacios se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos en la Tabla 410.1 y el capítulo 4, sección 410. del RETIE.

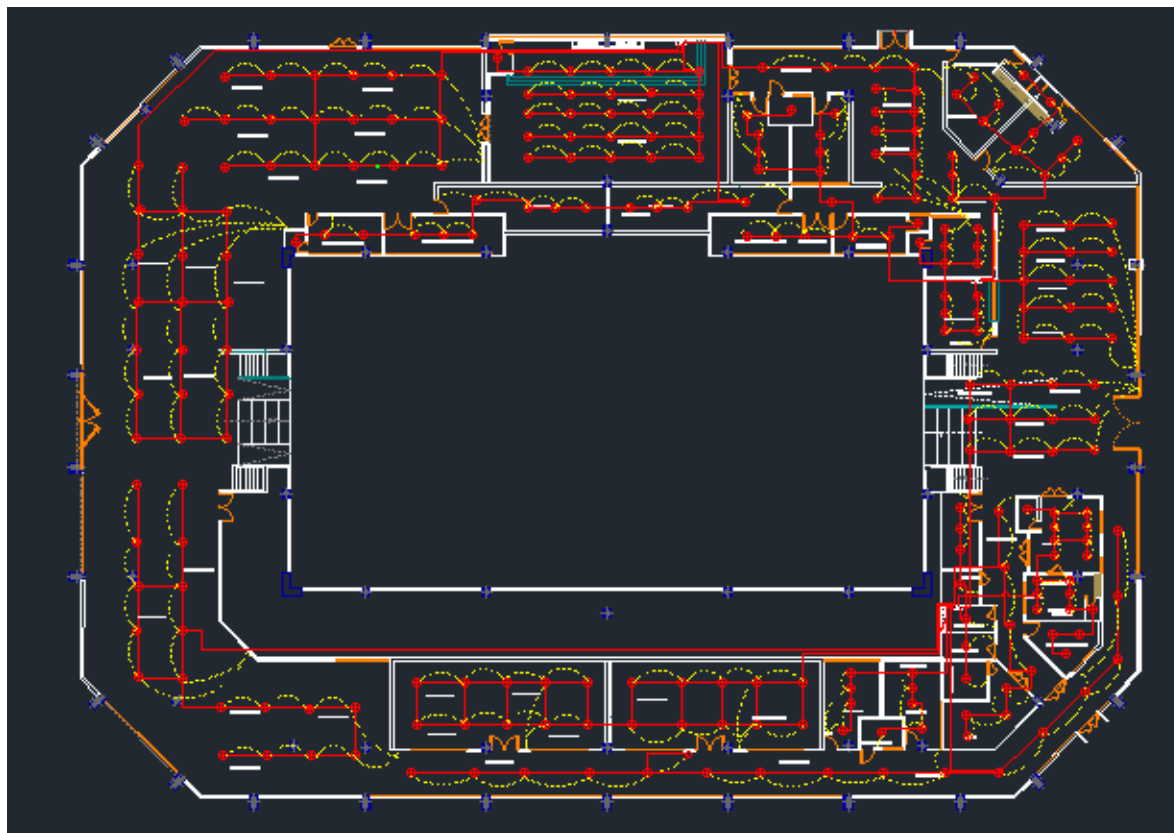


Ilustración 9. Circuito de iluminación piso 1

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 9, se presenta el diseño del sistema de iluminación de la primera planta del complejo deportivo, en el que corresponden circuitos ramales de iluminación para baños, oficinas, gimnasio, cuarto médico, cocina, pasillos, vestidores, entre otros. Para cada uno de estos circuitos ramales se tuvieron en cuenta los cuadros de cargas

establecidos, en los que tenemos la cantidad de circuitos ramales de iluminación correspondientes para cada zona y cantidad de luminarias.

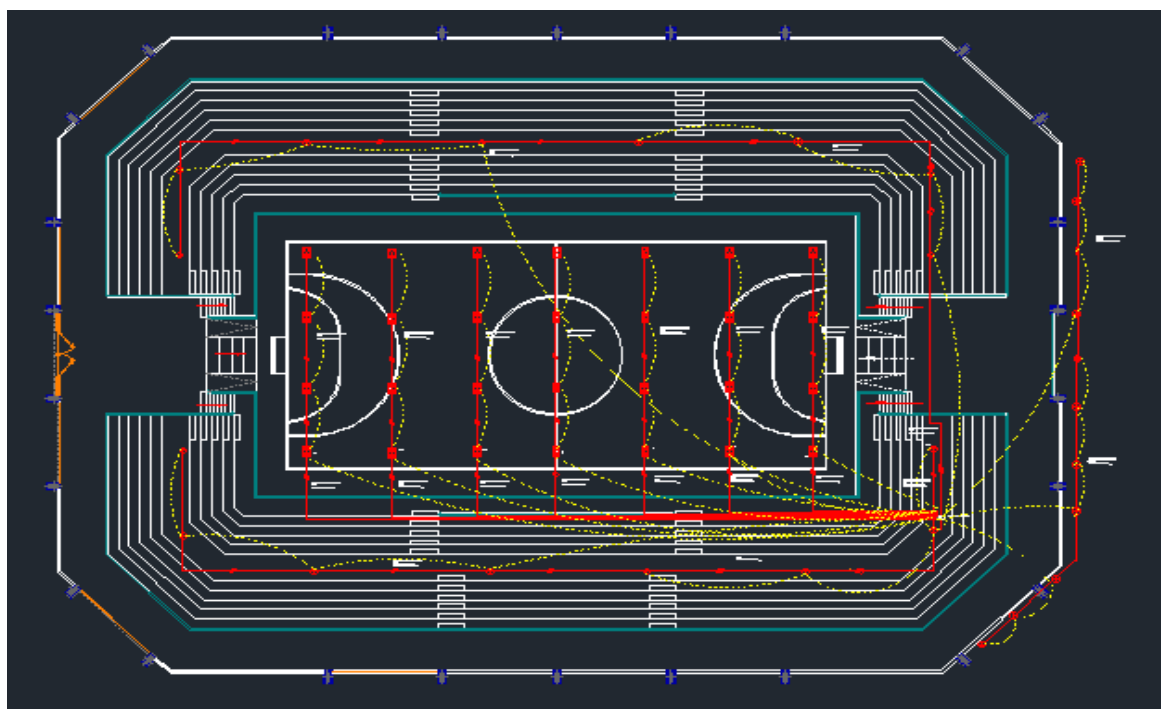


Ilustración 10. Diseño de circuitos de iluminación cancha, graderías e iluminación frontal.

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 10 se puede observar el diseño de los circuitos ramales del sistema de iluminación del segundo nivel, en el cual corresponden a los circuitos de iluminación de la cancha, las graderías y zona frontal del complejo.

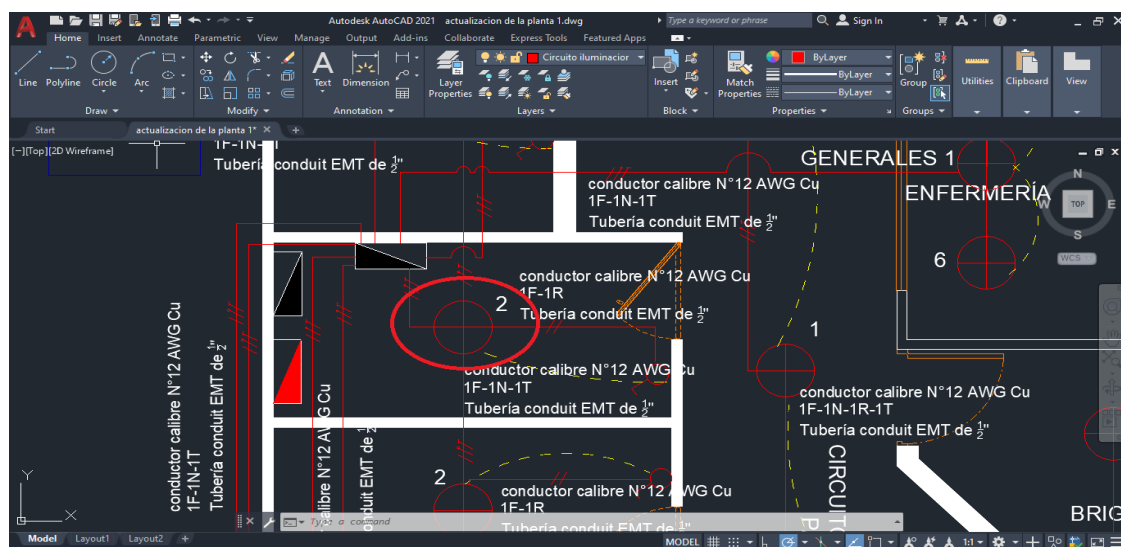


Ilustración 11. Simbología iluminación y número del circuito ramal

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 11 dentro de círculo rojo que se resalta, se presenta el símbolo utilizado para referirnos a la iluminación, además, también se puede observar el número del circuito ramal correspondiente, cumpliendo lo establecido dentro de la norma, tal y como se establece en la tabla 3 del presente documento.

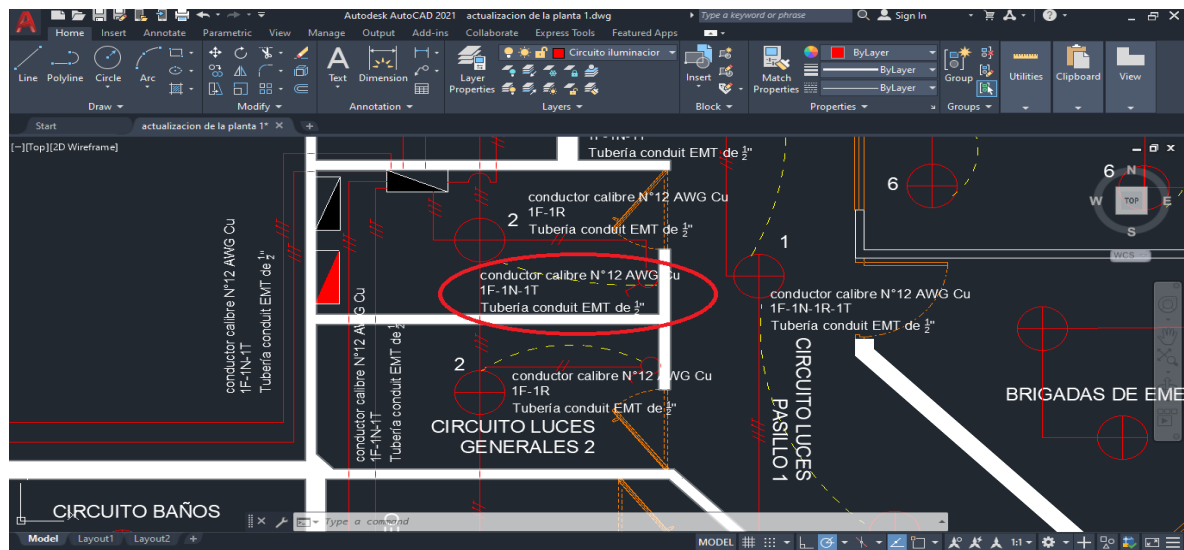


Ilustración 12. Conductores y tuberías por circuitos

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 12, se indica dentro del círculo rojo el conductor seleccionado para cada circuito ramal, la cantidad de conductores y tubería que será utilizada para transportar los conductores.

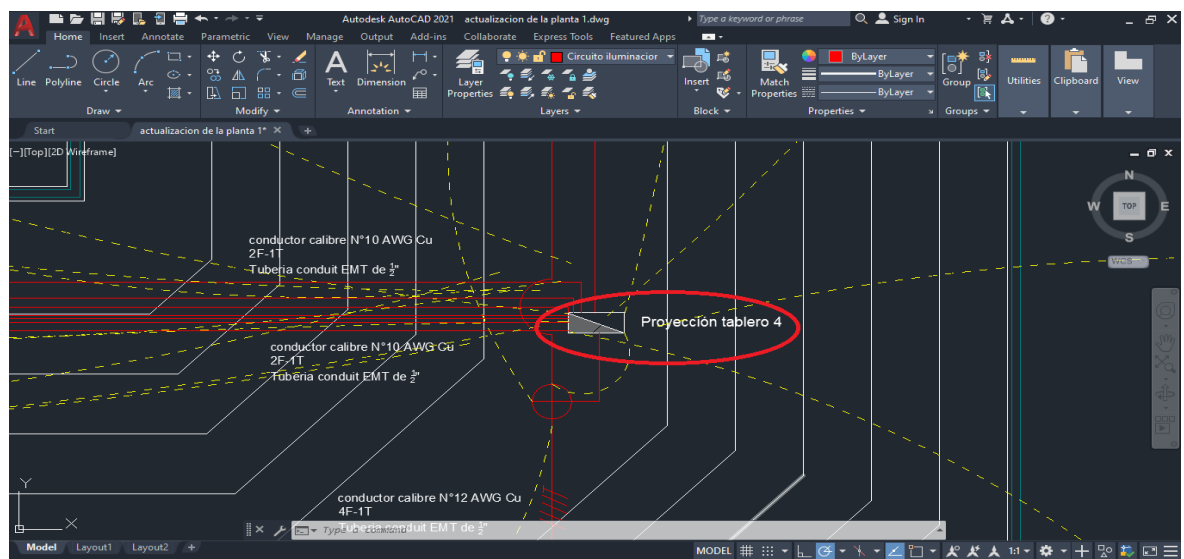


Ilustración 13. Proyección de tablero de control de luces

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 13, se presenta dentro del ovalo rojo la proyección del tablero de control de luces de la cancha deportiva, graderías y zona frontal exterior.



Ilustración 14. Simbología para sistema de iluminación

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 14 se encuentran las simbologías eléctricas utilizadas para el diseño del sistema de iluminación y que corresponden a lo indicado dentro del RETIE, tal como lo muestra la tabla 3 del presente documento.

Método Wenner				
Resistividad del terreno (Ω -m)				
	Separación entre electrodos [m]			
Ejes	1	2	3	4
1	70,25	60,8	66,4	61,5
2	81,2	56,3	73,43	59,5
3	45,12	21,7	48,5	55,3
Suma				700
Resistividad Promedio(Ω -m)				58,333

Tabla 14. Cálculo resistividad del terreno

Fuente: Autor, 2022

Mediante los datos suministrados por la empresa de la malla existente, en los que el estudio de la resistividad del terreno mediante el método Wenner dio un valor promedio de 58,33(Ω -m), se procedió a calcular la cantidad de electrodos de puesta a tierra y verificar el cumplimiento de la misma mediante un asistente de cálculo programado en Excel descargado desde la web, tal como se muestra en la tabla 15. Anexo cuadro de cálculo SPT del anexo 1, para así realizar el diseño de la malla referente del cuarto de control, y como se muestra en la ilustración 15.

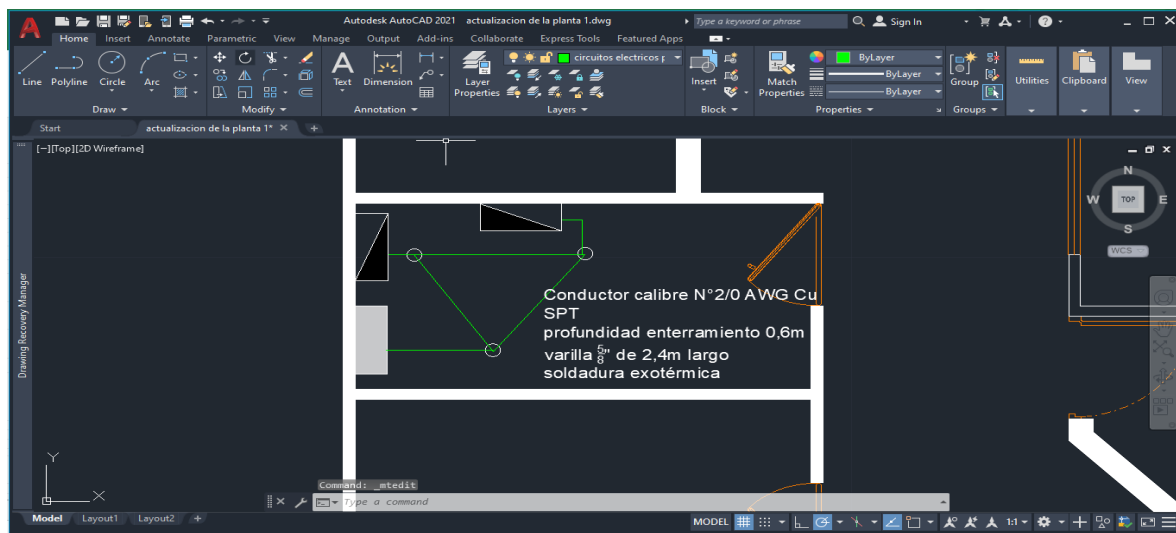


Ilustración 15. Diseño SPT

Fuente: Autor, 2022

a. Esquema general de la instalación

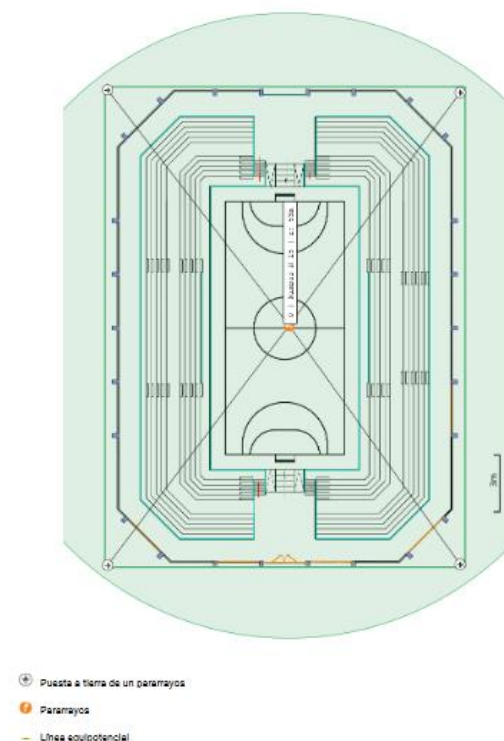


Ilustración 16. Diseño sistema de pararrayos

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 16 se encuentra el diseño del sistema de pararrayos, el cual fue realizado mediante un asistente de cálculo online de la página Cirprotec, el cual permitió mediante datos de referencia su diseño. Para determinar el diseño del sistema se ingresaron datos de ubicación de la obra, densidad de descargas atmosféricas en la zona, longitud, anchura y altura de la obra, entre otros datos que se encuentran en el

documento anexo 2 “Cirprotec informes del proyecto” que entrega el asistente de cálculo, cumpliendo con la cobertura total de complejo deportivo.

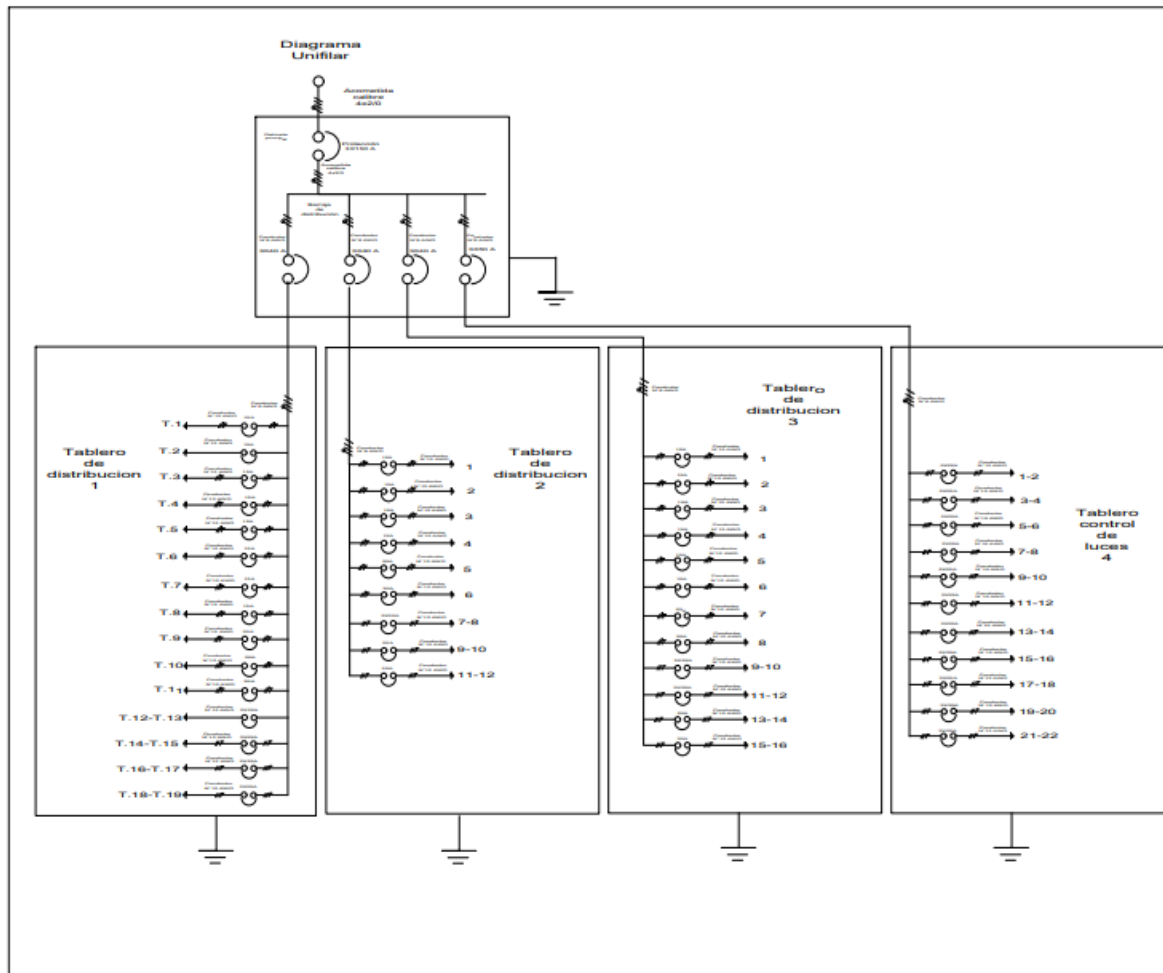


Ilustración 17. Diagrama unifilar

Fuente: Autor, 2022

Se realizó el diagrama unifilar de acuerdo a las cargas establecidas tal como se muestra en la Ilustración 17, en la cual se encuentra el diagrama unifilar del gabinete principal de distribución que consta de un totalizador principal y 4 totalizadores secundarios para la protección de los tableros de circuitos ramales de distribución; además, se encuentran los diagramas unifilares de 3 tableros de distribución para circuitos ramales y 1 tablero de control de luces, identificados cada punto con sus respectivas simbologías eléctricas. En el anexo 3 se puede apreciar el diagrama unifilar más completo.

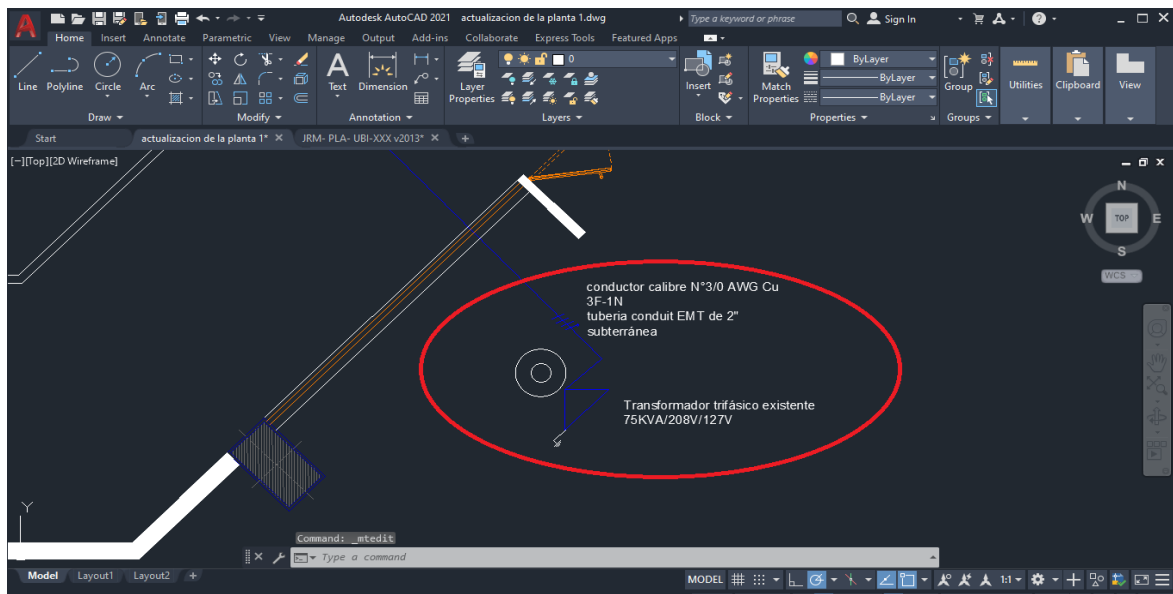


Ilustración 18. Transformador trifásico existente de 75KVA

Fuente: Autor, 2022

Dentro del ovalo de referencia en la ilustración 18 se encuentra la simbología del transformador de 75KVA existente en el área; además, se determinan parámetros tales como el calibre del conductor para la acometida aguas abajo, el cual llegara al gabinete de distribución principal y el calibre de los conductores fue escogido de acuerdo al cuadro de carga general establecido en el presente documento. Se pudo establecer que el transformador existente cumple con la capacidad solicitada, ya que se prevé una carga de 49.582KVA y se establece un porcentaje de reserva para cargas futuras y perdidas del transformador por envejecimiento. También, se determinó el tipo y diámetro de la tubería seleccionado para la acometida principal, la cual será subterránea, tal como se indica en el diseño.

3.3 Diseño del sistema de iluminación con DIALux

Para cada una de estas áreas se buscó garantizar el nivel mínimo de iluminación que establece la NTC2050 y el RETILAP; además, los ángulos máximos para evitar que las luminarias afecten la visión del personal presente, tanto jugadores como a los asistentes.

Para la realización del diseño se procedió a hacer el levantamiento del terreno, teniendo en cuenta las alturas correspondientes del complejo.

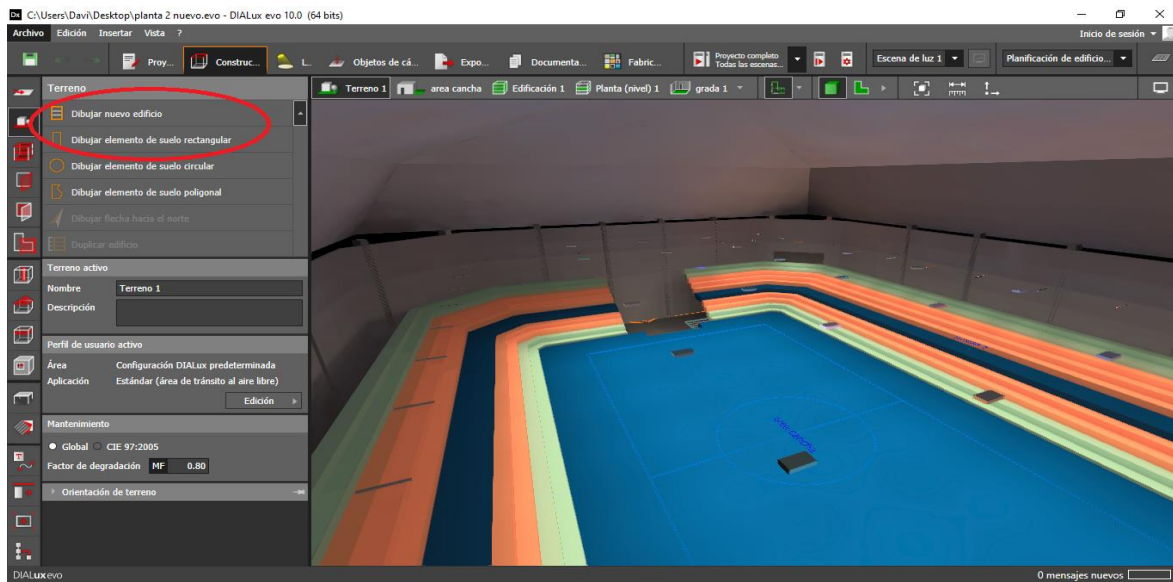


Ilustración 19. Levantamiento del terreno y edificación

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 19, dentro del área demarcada en el ovalo rojo, se presentan las opciones principales utilizadas para realizar el levantamiento del terreno y el levantamiento de la edificación del complejo deportivo, en el que se procedió primeramente a hacer el levantamiento del área del terreno para luego tener una base de referencia de acuerdo al plano de la edificación.

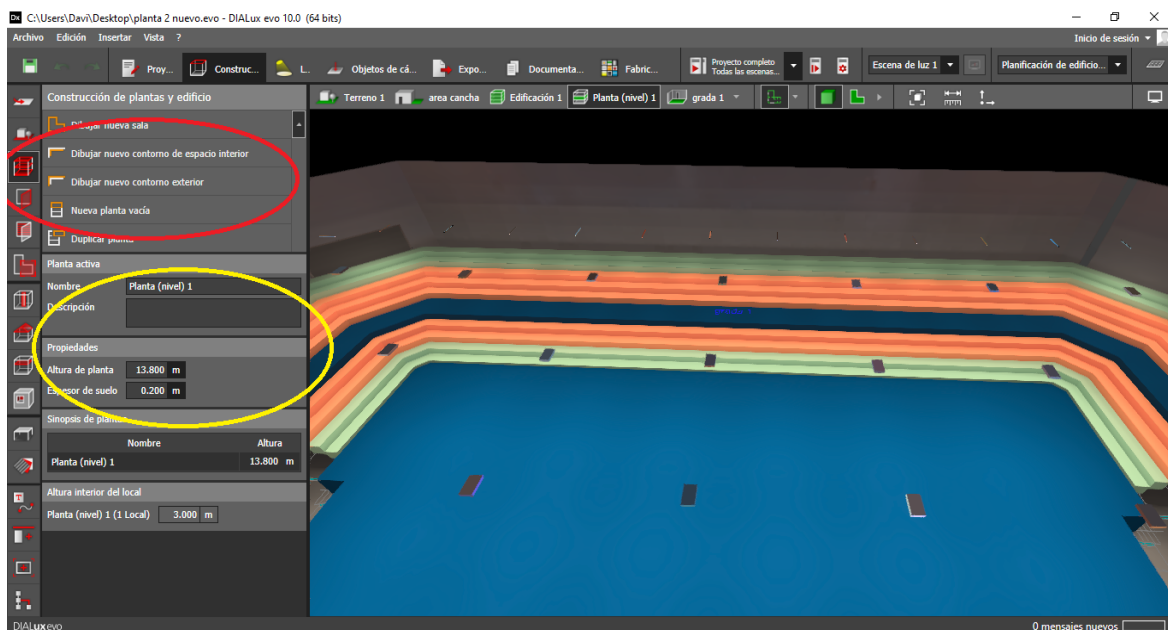


Ilustración 20. Opción contornos interiores

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 20 dentro del área demarcada en el ovalo rojo se realizó el levantamiento de los contornos interiores, con la finalidad de demarcar cada área de trabajo, como lo fueron salón de eventos, baños, gimnasios, oficinas, entre otros y así realizar el diseño de iluminación para cada uno. Además, dentro del ovalo amarillo se presenta la opción para darle nombre a cada planta, la altura y el espesor de esta.

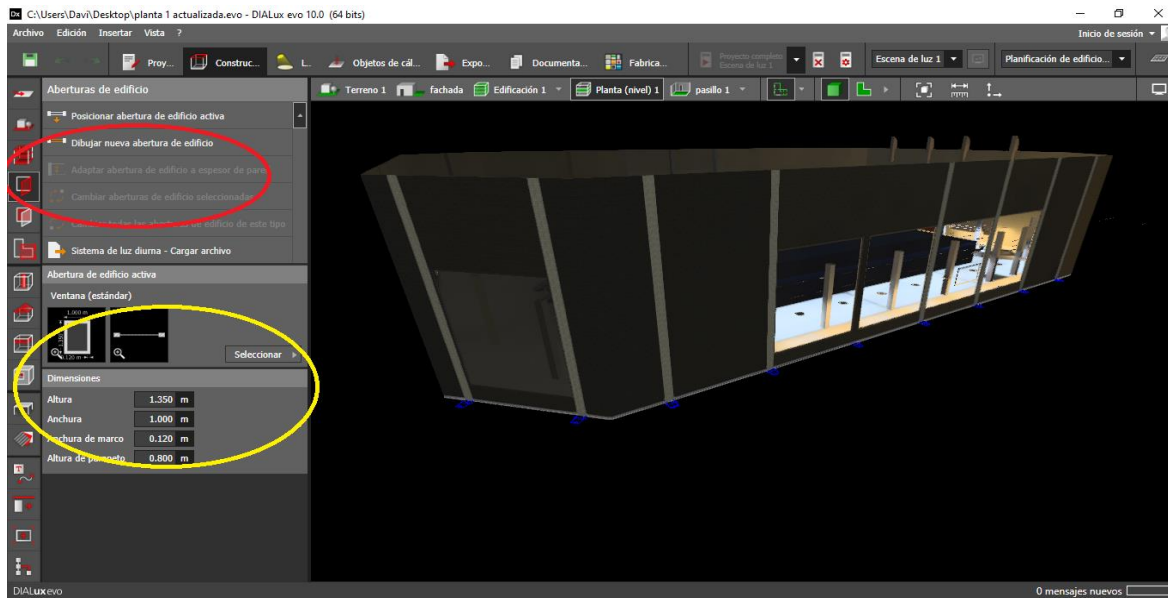


Ilustración 21. Opciones de aperturas para la edificación

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 21 se puede observar dentro del área demarcada en el ovalo rojo la opción utilizada para la realización de las aperturas tales como ventanales y puertas en la edificación del complejo deportivo, y en el que se puede observar dentro del ovalo amarillo las opciones correspondientes para cada una de las aperturas como lo es la altura, el ancho, la anchura del marco y la altura del parapeto, además de poder seleccionar entre las opciones de ventanas o puertas que nos brinda el software dentro de sus catálogos u otros por descarga.

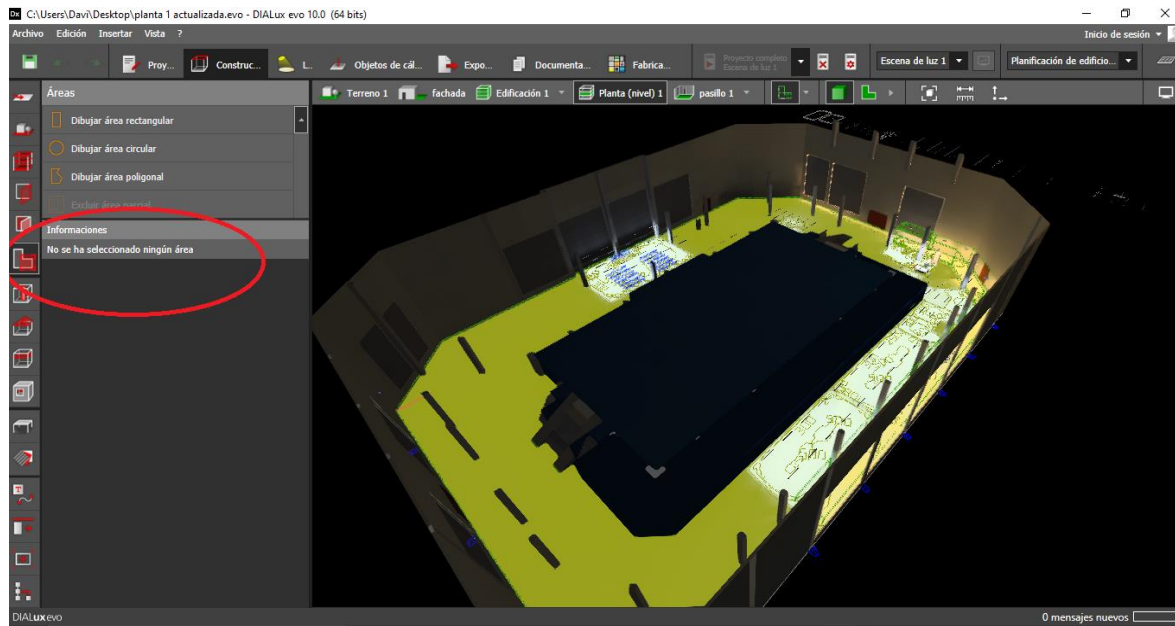


Ilustración 22. Opción de selección áreas de trabajo

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 22 dentro del ovalo rojo se observa la opción utilizada para la selección de las áreas en las que se realizaron los levantamientos y en los que se procedió a trabajar.

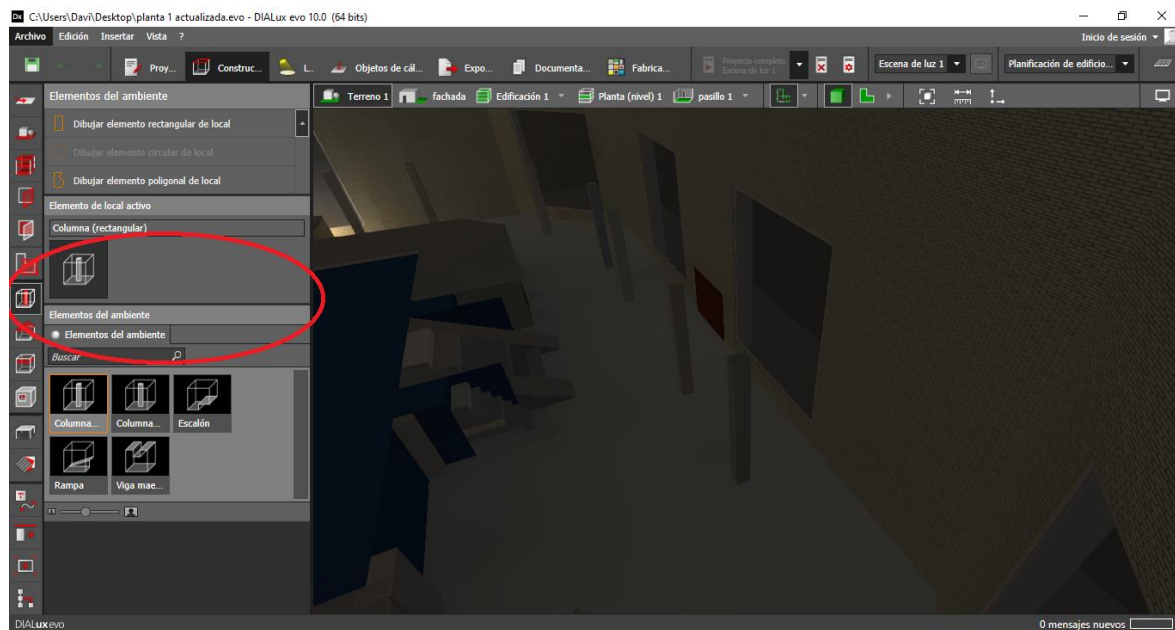


Ilustración 23. Opción levantamiento de columnas

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 23 dentro del ovalo rojo se observa la opción utilizada para el levantamiento de cada columna del complejo y en el que se encuentran diferentes

opciones para levantar vigas, escalones, rampas y el tipo de columna que se desea realizar.

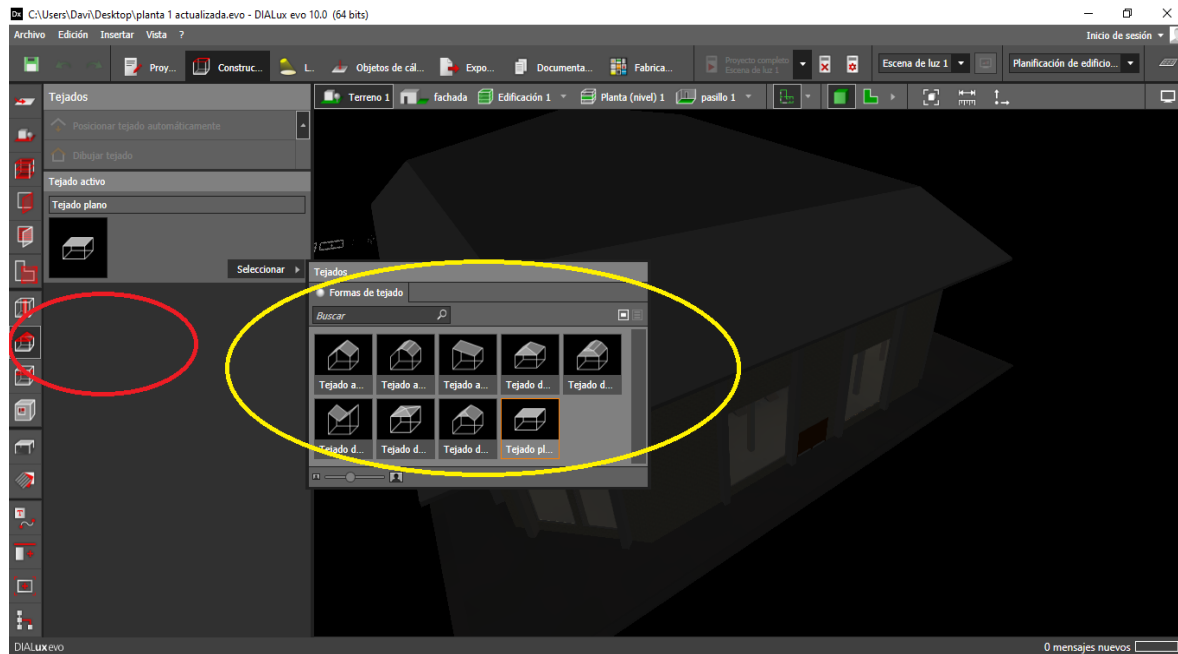


Ilustración 24. Opción selección del tejado

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 24 se presenta la opción para la selección del tipo de tejado a utilizar, tal como se muestra dentro del ovalo rojo y en el que se utilizó en el diseño el tejado de copete en mansarda; además, se tienen distintas opciones de tejados brindados por el software tal como se muestra en el área demarcada con el ovalo amarillo.

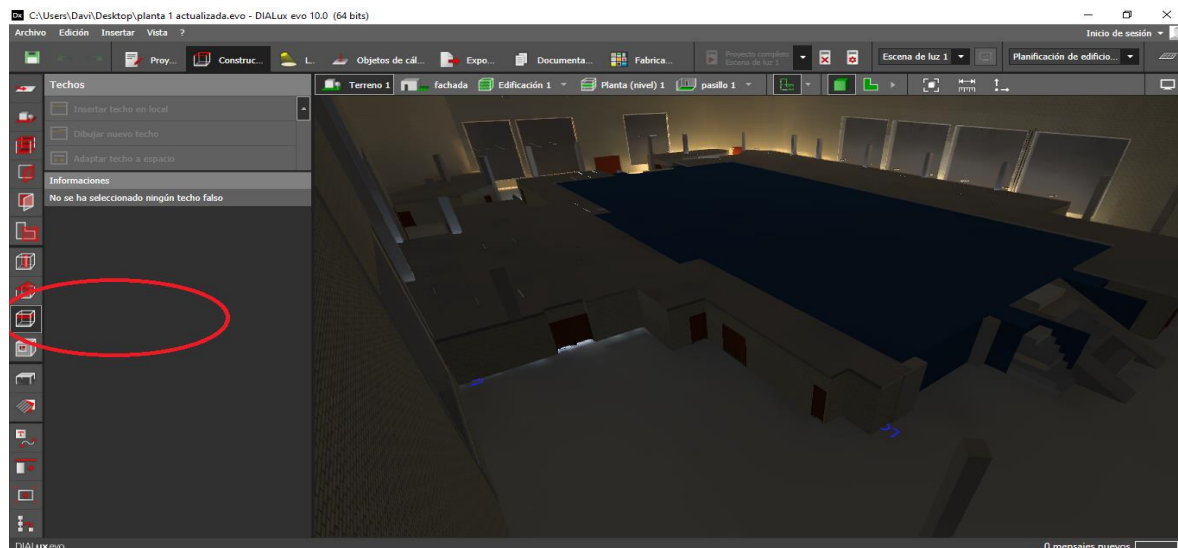


Ilustración 25. Opción selección de techo

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 25 se puede observar la opción para insertar techos en las áreas levantadas estructuralmente, tal como se observa dentro del área demarcada en el ovalo rojo, y en los que tenemos opciones de levantamiento en techo local, dibujar nuevo techo y adaptar techo a espacio y en el que la opción utilizada es de acuerdo a la necesidad que se tiene.

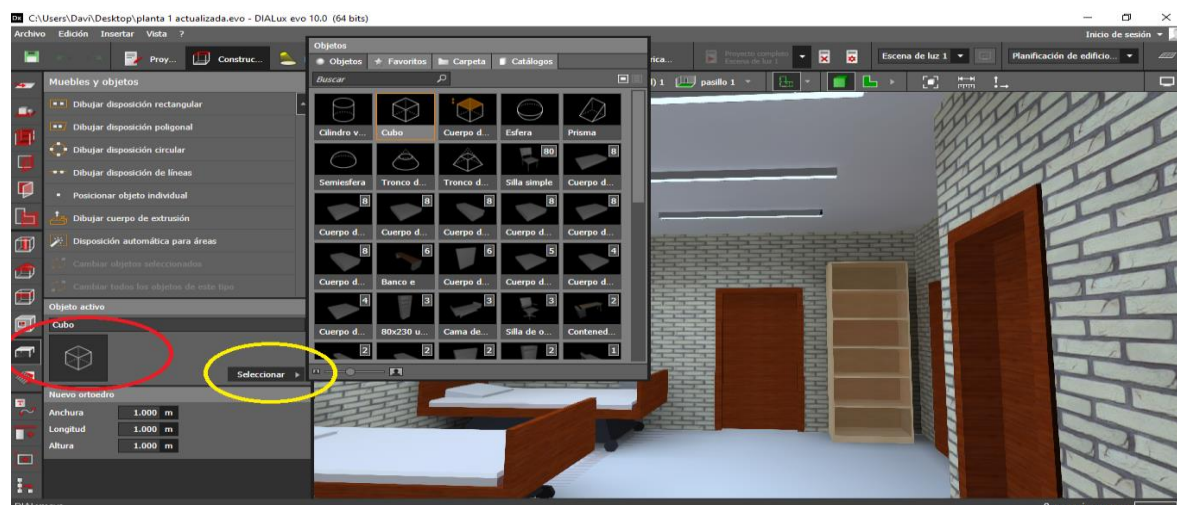


Ilustración 26. Opción selección de muebles y objetos

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 26 se puede observar dentro del ovalo rojo la opción para la selección de muebles y objetos, el cual nos permitió insertar algunos de estos de acuerdo a la necesidad; además, nos permite seleccionar muebles y objetos por preferencia como se muestra en el ovalo amarillo y en el que también nos presenta la opción de catálogos que tiene el software e insertar por medio de descargas.

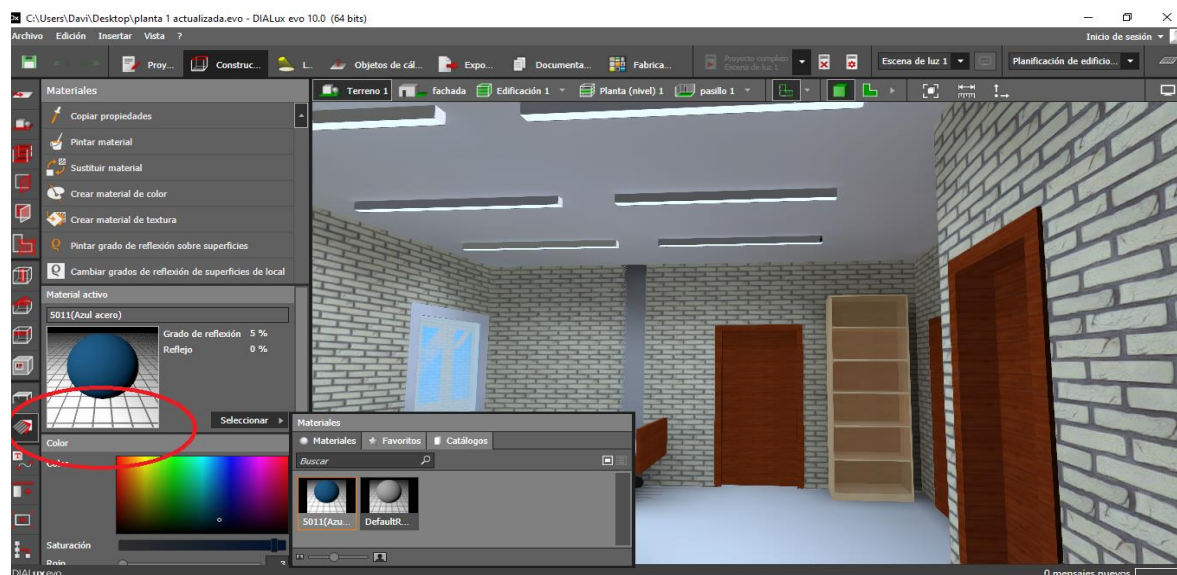


Ilustración 27. Opción selección de materiales y colores

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 27 se observa dentro del ovalo rojo la opción en la que se realizó la selección de los materiales utilizados en la infraestructura del complejo y de los objetos dentro de este y en que el software nos permitió la selección por catálogos establecidos en este.

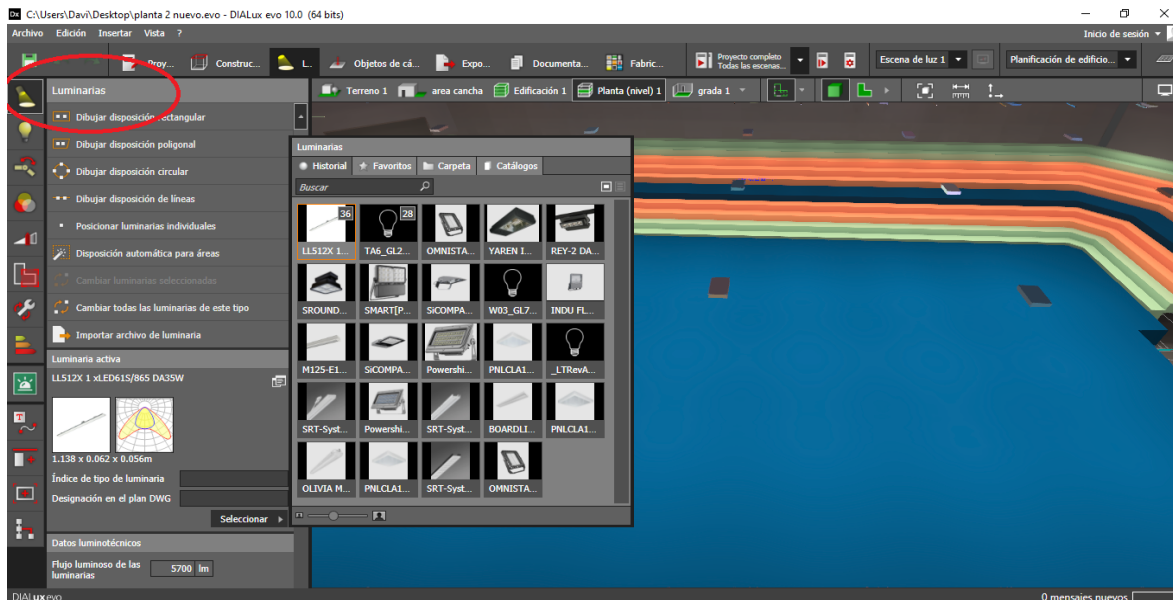


Ilustración 28. Selección de luminarias

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 28, en la opción demarcada dentro del ovalo rojo se realizó la selección de las luminarias utilizadas para el diseño de iluminación del complejo. En esta opción se encontró el flujo luminoso de cada luminaria, catálogos de lámparas según la necesidad, especificaciones técnicas, potencia, rendimiento lumínico, grado de eficacia, entre otros datos. Además, es uno de los puntos de suma importancia en el momento del diseño, ya que en este punto se logra seleccionar la iluminación correspondiente para cada área a iluminar, la posición, rotación, altura del montaje, altura del punto de luz, el dibujo de disposición e importación de archivos de iluminación, entre otros.

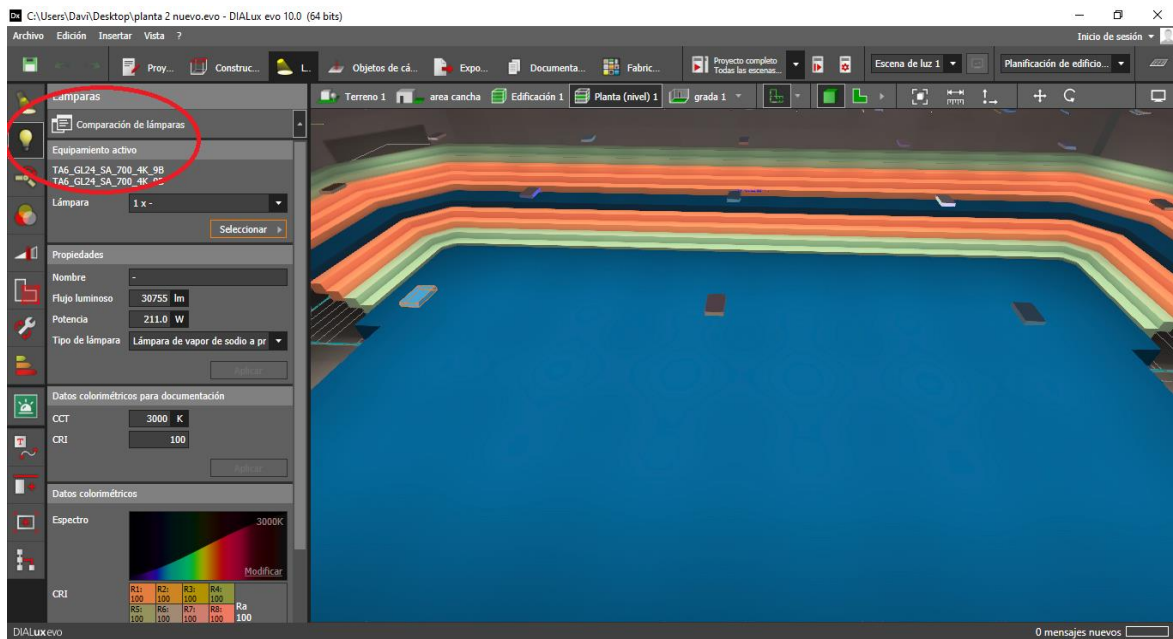


Ilustración 29. Opción de lámparas

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 29 dentro del ovalo rojo se presenta la opción lámparas, en la que se muestra el equipamiento activo de la lámpara, las propiedades de esta, los datos colorimétricos para la documentación, los datos colorimétricos referentes al espectro y CRI.

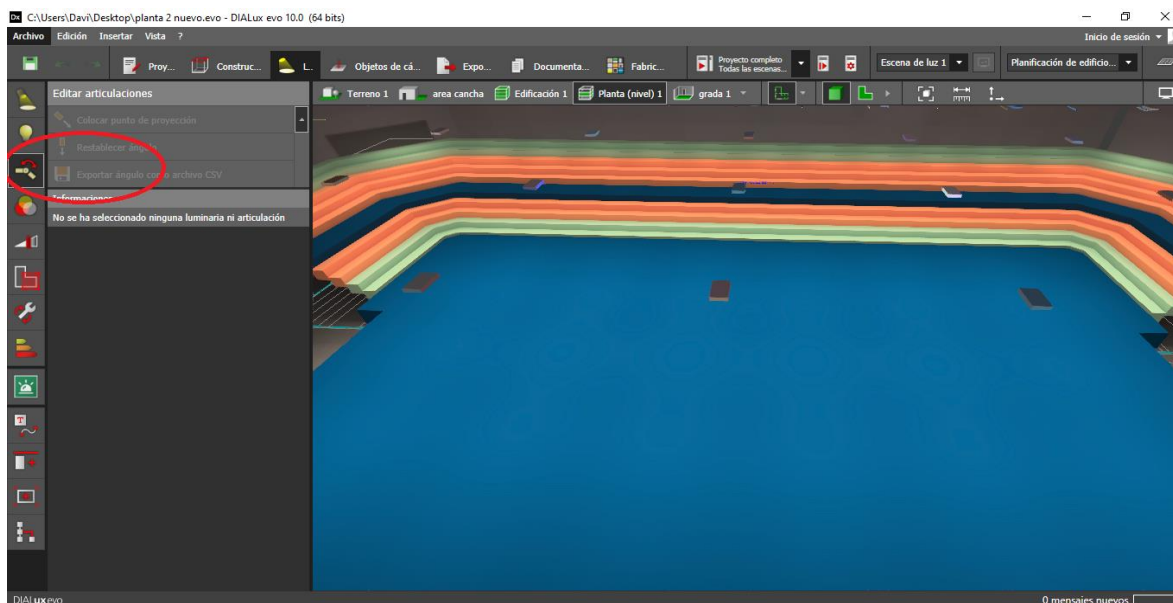


Ilustración 30. Articulaciones de luminarias

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 30 dentro del ovalo rojo, se utilizó para determinar el punto de proyección del sistema de iluminación.

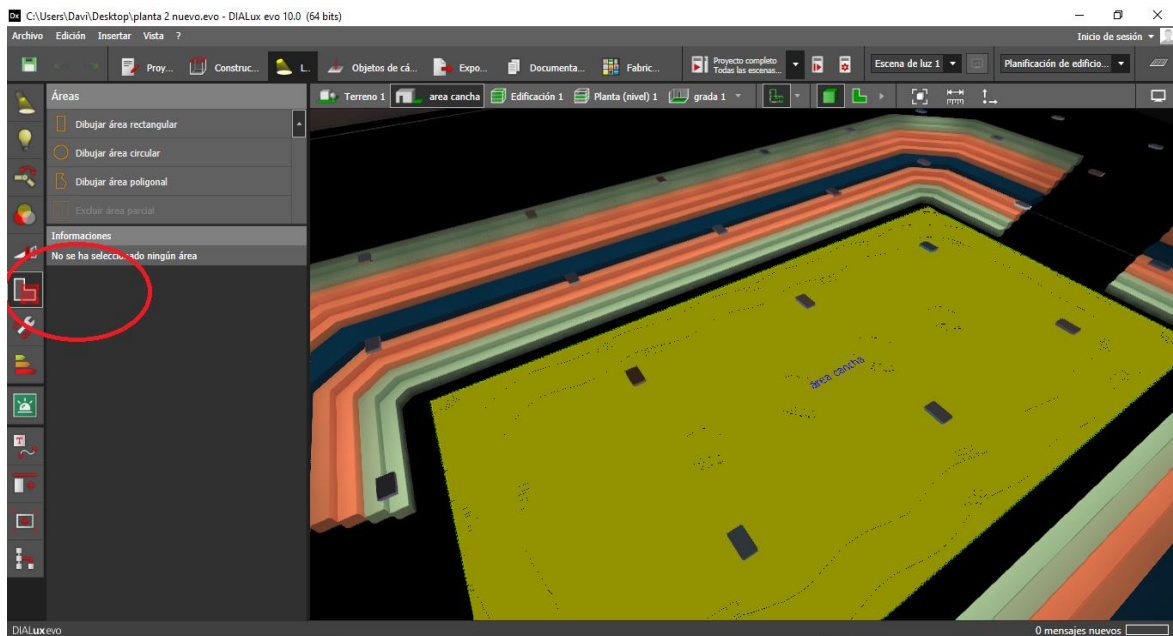


Ilustración 31. Selección de áreas

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 31 se realizó el dibujo de las áreas a iluminar, teniendo en cuenta cada uno de los espacios dentro del complejo deportivo, tales como zonas de la cancha, pasillos, gradas, baños, entre otros sitios dentro de este. Dentro de la opción áreas se seleccionó el área activa, las propiedades y aplicación, el plano útil y su perfil de uso, donde se determinó los lx correspondientes para cada área a iluminar. Además, dentro de la opción luz se tienen otras opciones como lo son factores de mantenimiento, consumo de energía, entre otras.



Ilustración 32. Opción objetos de cálculos, documentación y proyecto para inicio de cálculos

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 32 se determinaron los objetos de cálculos, demarcado dentro del ovalo amarillo para cada área, en el ovalo rojo se encuentra demarcado donde obtuvimos la documentación correspondiente para cada cálculo del sistema de iluminación y en el ovalo azul se demarca el punto para iniciar los cálculos del sistema.

En la Ilustración 33 se puede observar e tipo de proyectores utilizados para la iluminación de la cancha, en el que se puede visualizar los parámetros correspondientes para este tipo de iluminación, tal como se muestra a continuación;

Código de orden: TA6_GLxx

	(-) I [mA]	Flujo luminoso [lm]	Potencia [W]	Eficacia [lm/W]
GL24	350	17248	101,5	170
	525	24476	155,5	157
	700	30755	211,0	146
	1050	41983	324,0	130

Ilustración 33. Parámetros tipo iluminación

Fuente: Autor, 2022

Además, se pueden observar las demás características de los proyectores utilizados en la ficha técnica tal como se muestra en el anexo 5.

En las siguientes ilustraciones se presentan características que se tuvieron en cuenta al momento de realizar el diseño del sistema de iluminación.

▼ Datos luminotécnicos

Flujo luminoso de las luminarias: 30750 lm

Grado de eficacia de funcionamiento: 100.0 %

Potencia de conexión: 211.0 W

Rendimiento lumínico: 145.7 lm / W

Lámpara: -
 30755 lm3000 K211.0 W
 Factor de alumbrado de

[Modificar](#)

Ilustración 34. Datos luminotécnicos de los proyectores

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 34 se puede observar los datos luminotécnicos de las luminarias utilizadas para iluminar la cancha y en los que se aprecia el flujo luminoso, el grado de eficiencia, la potencia de conexión y su rendimiento lumínico.

Tipo de montaje	
Tipo de montaje	Montaje sobre techo Utilizar de nu...
Altura del punto de luz	13.100 m
Altura de montaje	14.000 m

Ilustración 35. Tipo de montaje

Fuente: Autor, 2022

Se puede observar en la ilustración 35 el tipo de montaje, en el que se determinó que sería soportado en techo, la altura del montaje y la altura del punto de luz de este.

Selección de luminaria	
TA6_GL24_SA_700_4K_9B	
0.690 x 0.410 x 0.100m	
Índice de tipo de luminaria	
Designación en el plan DWG	
Seleccionar	

Ilustración 36. Selección de luminaria

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 36 se tiene la óptica simétrica que presenta el tipo de proyector utilizado para este sistema de iluminación.

Perfil de uso	
Selección de platabas: Aparcamientos	
Gran volumen de tránsito, p. ej. aparcamiento...	
Perfil de usuario activo	
Área	Aparcamientos
Aplicación	Gran volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de escuelas, iglesias, grandes centros comerciales, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales grandes
Intensidad lumínica	
Valores de mantenimiento	
Área de trabajo (Em)	450.0 lx
Área circundante (Em)	20.0 lx
Área de fondo (Em)	6.7 lx
Uniformidad (Emin/Em)	0.200
Limitación de deslumbramiento	
Área externa (GR)	50
Restaurar	

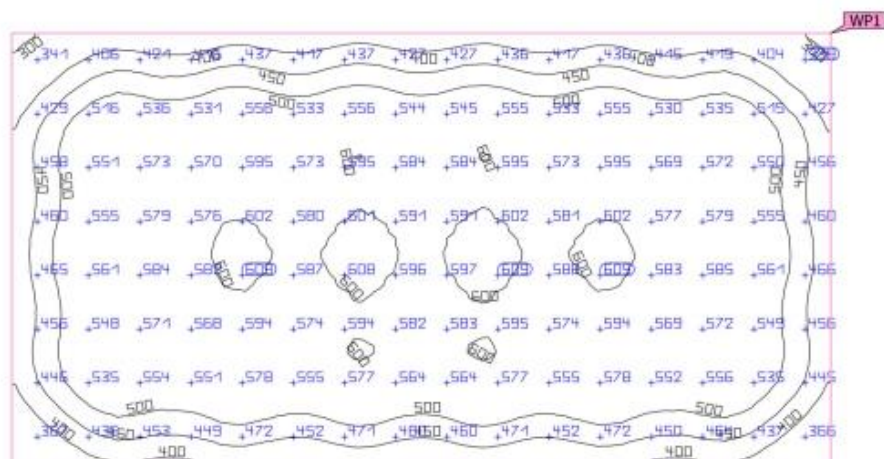
Ilustración 37. Perfil de uso

Fuente: Autor, 2022

A 3D visualization of a geological model, likely generated using GIS software. The model shows a cross-section of the Earth's crust with various geological layers represented by different colors: blue for the deepest layer, followed by green, yellow, orange, red, and brown for the top layers. A central area is labeled "area cancha" in blue text. The model also includes a grid of dashed lines and numerical values (e.g., 500, 400, 300, 200, 100) indicating elevation or depth. The overall shape is a rectangular prism, suggesting a 3D perspective view of a 2D map.

Fuente: Autor, 2022

En la ilustración 38 se realizó la selección de las luminarias y la cantidad para cumplir con la cantidad de lx establecidas en la sección 560.3 y la NTC2050 para una cancha deportiva y demás generalidades al momento de realizar el diseño. Para el presente diseño se utilizaron 28 reflectores GMR Enlights TA6_GL24_SA_700_4K_9B con flujo luminosos de 30750lm, grado de eficacia durante el funcionamiento del 100%, la potencia de conexión de 211W y un rendimiento lumínico de 145,7 lm/W, y con el que se lograron cumplir los lx estipulados en la Tabla 410.1 del RETILAP, tal como se muestra en la Ilustración 39 y en la ilustración 40 tenemos el diseño del sistema en una vista 2D con los puntos de referencia de cada luminaria.



Propiedades	E (Nominal)	E _{mín}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Plano útil (area cancha)	522 lx	279 lx	620 lx	0.53	0.45	WP1
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 450 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Aparcamientos, Gran volumen de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de escuelas, iglesias, grandes centros comerciales, instalaciones deportivas y tabulones multifuncionales grandes

Ilustración 39. Plano útil de iluminación de la cancha deportiva
Fuente: Autor, 2022

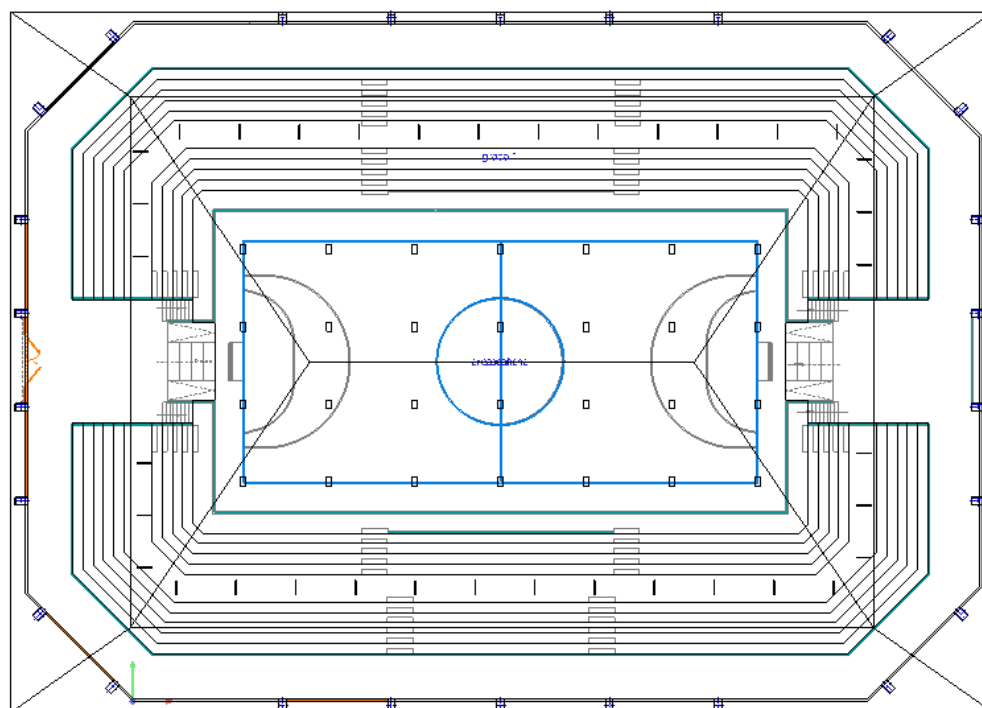


Ilustración 40. Diseño del sistema de iluminación vista 2D
Fuente: Autor, 2022

Lista de luminarias

Φ_{total} 1066200 lm		P_{total} 7528.0 W		Rendimiento lumínico 141.6 lm/W		
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
28	GMR Enlights	TA6_GL24_SA_700_4K_9B	TA6_GL24_SA_700_4K_9B	211.0 W	30750 lm	145.7 lm/W
36	Philips		LL512X 1 xLED61S/865 DA35W	45.0 W	5700 lm	126.7 lm/W

Ilustración 41. Rendimiento lumínico

Fuente: Autor, 2022

Con base en la ecuación 12 hallamos el valor de eficiencia energética del sistema de iluminación presente, teniendo en cuenta los datos en la ilustración 41 del presente documento y la Tabla 440.1 para zonas deportivas de acuerdo al RETILAP, obteniendo así el siguiente resultado:

$$VEEI = \frac{5908W * 100}{380m^2 * 522lx}$$

$$VEEI = 2,97 W/m^2$$

Por tanto, se puede observar el valor de la eficiencia energética en ese sistema de iluminación.

3.4 Análisis de impacto económico

El impacto económico dentro de este proyecto reflejara la magnitud de este con un costo estimado de 434'550.000, con el que se buscará resaltar la eficiencia y eficacia al momento de su ejecución, y con el que se busca se garanticen cada una de las condiciones mínimas para dar cumplimiento de los parámetros que regirán este proyecto. Además, tendrá un impacto económico relativamente, ya que con esta obra se podrán beneficiar muchas personas al aumentar la economía al presentarse eventos deportivos en el escenario, el turismo, la visión puesta en los deportistas de la región y zonas aledañas, y la proyección para la construcción de otros escenarios y obras de gran magnitud que tendrían un impacto económico significativo en el municipio y en su crecimiento.

Descripción	Valor en pesos
Costo estimado de la obra	630'050.000
Certificación RETIE	4'250.000
Certificación RETILAP	6'750.000
Total	641'050.000

Tabla 15. Costo estimado de la obra

Fuente: Autor, 2022

3.5 Análisis del impacto social

Con la ejecución de este proyecto se busca que su impacto social sea significativo, que las personas puedan darles buen uso a sus instalaciones y que además tengan la posibilidad de relacionarse positivamente entre persona; logrando así una mejor convivencia, aprovechamiento de los espacios recreacionales, el aumento del valor predial, el aumento de la capacidad deportiva en las competencias y en los competidores, disminución de gastos de traslado a otras zonas para recrearse o competir, entre otros impactos positivos que traería consigo la ejecución de este proyecto.

3.6 Análisis del impacto ambiental

Para este proyecto se busca cumplir con cada parámetro establecido para disminuir cualquier impacto ambiental negativo durante y después de la ejecución del proyecto, en el que se podría garantizar que sus instalaciones eléctricas cumplen con el medio ambiente mediante la minimización de las pérdidas de energía eléctrica dentro de sus instalaciones y un mayor aprovechamiento de estas al ejecutarse de manera correcta, la selección de materiales certificados y personal calificado. Además, disminuir las afectaciones causadas por un sistema de iluminación deficiente y así disminuir significativamente la contaminación lumínica que esto podría traer consigo. Uno de los principios más importantes es la de preservar el medio ambiente.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Se determinaron los parámetros establecidos en los reglamentos y normativas vigentes, para la realización de los diseños de los circuitos eléctricos, con los que se buscan garantizar el buen funcionamiento de estos al momento de su ejecución.
- Se realizaron los diseños eléctricos del complejo deportivo mediante el software AUTOCAD, teniendo en cuenta cada parámetro establecido y las áreas en las que estarán presentes los puntos eléctricos.
- Se realizó el diseño del sistema de iluminación mediante el software DIALux, logrando un diseño que no afectara al personal presente en el complejo, teniendo en cuenta los parámetros establecidos para este tipo de escenarios.

5. CONCLUSIONES

- Los parámetros establecidos en los reglamentos RETIE, RETILAP y la NTC2050, fueron utilizados para garantizar un buen diseño eléctrico para las instalaciones eléctricas del complejo deportivo, teniendo en cuenta la importancia de cada uno de estos.
- Los diseños de los circuitos eléctricos se realizaron mediante el software AutoCAD, en el que se determinaron los parámetros requeridos para garantizar un buen diseño de la instalación y así mismo se tuvieron en cuenta puntos importantes como lo son las simbologías eléctricas y colores mediante layers para diferenciar cada circuito ramal.

- Se determinaron los parámetros para realizar un correcto sistema de iluminación dentro del complejo deportivo y sus distintas áreas, y así garantizar un buen diseño de iluminación que no afecte al personal presente en el dicho escenario.
- Se realizó el diseño del sistema de iluminación del complejo deportivo mediante el software DIALux, con el que se pudo verificar que los parámetros para un buen sistema de iluminación se cumplieran y teniendo en cuenta las tablas que determinan los lx correspondientes para cada área de iluminación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACA, S. d. (s.f.). *Asociación de Ciencias Ambientales*. Obtenido de <https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/conoce-la-energia-de-tu-vivienda/sistemas-de-suministro-energetico/sistemas-de-iluminacion>
- Cirprotec, I. d.-S. (s.f.). *Cirprotec*. Obtenido de <http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra>
- Definición.xyz. (25 de 01 de 2022). *Definición.xyz*. Obtenido de Instalaciones Eléctricas, Tipos Y Cómo Hacer Una: <https://definicion.xyz/instalaciones-electricas/>
- Efecto led, E. c. (25 de 02 de 2022). *efecto led blog*. Obtenido de <https://www.efectoled.com/blog/es/colores-cables-electricos/>
- EPM, A. G. (01 de 10 de 2020). *Energía CARIBEMAR-Especificaciones técnicas para instalaciones de conexión y enlace*. Obtenido de <https://energiacaribemar.co/Descargas/2022/ES.03761.TR%20Especificaciones%20t%E2%80%9Acnicas%20para%20instalaciones%20de%20conexi%C2%A2n%20y%20enlace.pdf>
- G. J, C. (05 de 03 de 2022). *Potencia cero*. Obtenido de <https://potenciacerro.com/potencia-electrica/trifasica>
- Grafte Cantillo, I. H. (2006). *SEGELECTRICA-Google Groups*. Obtenido de Cálculos de malla de puesta a tierra para subestaciones IEEE80-2000: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjUmdayzJD4AhWWSTABHQHpBaEQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fgroups.google.com%2Fgroup%2FlistaelectricaSM%2Fattach%2F7a0ffd063f57b689%2FGRAY%25201%2520-%2520%2520IEEE%252080%2520-%2520200>
- Grupo EPM, N. y. (30 de 06 de 2015). *grupo EPM. Medida descentralizada*. Obtenido de <https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%202/CAPITULO-2-Parametros-de-Diseno-CNS-NT-02.pdf?ver=2020-11-12>
- JD Eléctricos. (28 de 07 de 2020). *JD Eléctricos*. Obtenido de INSTALACIONES ELÉCTRICAS: ¿CÓMO FUNCIONAN?: <https://jdelectricos.com.co/instalaciones-electricas/>
- JD Eléctricos, C. f. (14 de 01 de 2021). *JD Eléctricos*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/sistema-de-puesta-a-tierra/>
- NTC2050, N. T. (25 de 11 de 1998). *Armada*. Obtenido de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf
- Quevedo, B. D. (19 de 04 de 2022). *Supermalla S.A.S.*. Obtenido de <https://supermalla.com/instalaciones-electricas/seguridad-electrica/diseno-de-puestas-a-tierra/>
- RETIE, R. T. (30 de 08 de 2013). *minenergia*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>
- RETILAP, R. T. (30 de 03 de 2010). *Ministerio de Minas y Energías*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/retilap>

Telurómetro. (25 de 11 de 2020). *Telurómetro*. Obtenido de método mas utilizado para realizar mediciones de resistividad del suelo: <https://teluometro.com/metodo-wenner/>

Unulec, S. e. (s.f.). *Unulec*. Obtenido de <https://www.onulec.com/blog/noticias-sector-electrico/262-simbologia-electrica>

7. ANEXOS

Los anexos se presentan en un documento PDF adjunto.